

175
FORM NO. 51-61A
NOV 1948

CLASSIFICATION RESTRICTED

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

REPORT

[Redacted]

25X1

INTELLOFAX 21

INFORMATION REPORT

COUNTRY Germany (Russian Zone)

DATE DISTR. 11 January 1949

SUBJECT Catalogue of Siemens-Planiawerke,
Berlin-Lichtenberg

NO. OF PAGES

PLACE ACQUIRED

[Redacted]

25X1

RETURN TO RECORDS CENTER
IMMEDIATELY AFTER USE
JAN 2-3 BOX 173

NO. OF ENCLS.
(LISTED BELOW)

DATE OF INFO ACQUIRED

[Redacted]

25X1

SUPPLEMENT TO REPORT NO.

[Redacted]

THIS DOCUMENT CONTAINS INFORMATION AFFECTING THE NATIONAL DEFENSE OF THE UNITED STATES WITHIN THE MEANING OF THE ESPIONAGE ACT SO U. S. C. 31 AND 32, AS AMENDED. ITS TRANSMISSION OR THE REVELATION OF ITS CONTENTS IN ANY MANNER TO AN UNAUTHORIZED PERSON IS PROHIBITED BY LAW. REPRODUCTION OF THIS FORM IS PROHIBITED. HOWEVER, INFORMATION CONTAINED IN BODY OF THE FORM MAY BE UTILIZED AS DEEMED NECESSARY BY THE RECEIVING AGENCY.

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION FOR THE RESEARCH USE OF TRAINED INTELLIGENCE ANALYSTS

[Redacted]

25X1 The attached catalogue concerning items produced by Siemens - Planiawerke,
25X1 Berlin-Lichtenberg, is sent to you for retention in the belief that it
is of interest to you

B/Sc ROUTING		INITIALS	DATE
ACTION			
INFO	<i>[Signature]</i>		
INFO			
INFO	<i>[Signature]</i>		
INFO			
INFO	<i>[Signature]</i>		
INFO			

[Redacted]

25X1

JAN 13 8 41 AM '49
SCI BR

CLASSIFICATION RESTRICTED

STATE	NAVY	NSRB	DISTRIBUTION							
ARMY	AIR	OSI	X							

SIEMENS - PLANIAWERKE
BERLIN-LICHTENBERG

- 58 pp 1. Silit-Heizwiderstände
- 68 pp 2. Kohlebürsten
für alle Maschinentypen
- 21 pp 3. Lichtkohlen
für Kino, Reproduktion und Therapie
- 46 pp 4. Kohle- und Graphit-Elektroden
für elektrische Öfen
- 50 pp 5. Elektroöfen
für Hochtemperaturen

AUSGABE 1948

RESTRICTED

Appt
SIEMENS

00415R00190004



Heizwiderstände

App

1900040001-5

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS-PLANIAWERKE
BERLIN-LICHTENBERG

SILIT-
HEIZWIDERSTÄNDE

SILITHEIZSTÄBE
SILITHEIZROHRE

AUSGABE 1948

Silit II/12
1948
S. P. 4511

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

VORWORT

Nach Fortfall der durch den Krieg bedingten Einschränkungen sind die Siemens-Planiawerke in der Lage, mit der Produktion ihrer bekannten hochwertigen Silithheizwiderstände nicht nur den früheren Vorkriegsstand zu erreichen, sondern auch darüber hinaus dem zuständigen Anwachsen der Nachfrage Rechnung zu tragen.

Gleichzeitig sind Bemühungen im Gange, die Qualität der Erzeugnisse unter Auswertung der mehr als 35jährigen Erfahrungen der Siemens-Planiawerke auf dem Gebiete der Herstellung von Silithheizwiderständen durch fortlaufende Verbesserungen der Fabrikationsmethoden möglichst auch noch weiter zu steigern.

Der vorliegende Katalog tritt an Stelle der bereits vergriffenen früheren Kataloge Silit II/9 — „Silit-Heizrohre“ (1938) — und Silit II/11 — „Silit-Heizwiderstände“ (1942) — und enthält, außer der Übersicht über die Abmaße der Silithheizstäbe und -rohre und einigen technischen Erläuterungen, auch Angaben über die zulässigen Belastungswerte, sowie einen Fragebogen, der es dem Besteller erleichtern soll, im Bedarfsfall seine Wünsche näher zu präzisieren.

Es wird darauf hingewiesen, daß sich bei den Heizstäben mit verdickten Enden die Ausführungsart gegen früher insofern geändert hat, als daß an Stelle der bisherigen Nickeldrahtanschlüsse jetzt durchweg die weit vorteilhafteren Schellenkontakte verwandt werden.

I. Silitheizstäbe

A. Beschreibung und Charakteristik der Silitheizstäbe

1. Allgemeines

Die Silitheizstäbe sind für Temperaturen bis zu 1400 °C bestimmt und werden in zwei verschiedenen Typen von Rundstäben mit Durchmessern von 6 bis zu 30 mm geliefert:

- a) Heizwiderstände von 6—25 mm \varnothing mit metallisierten verdickten Kontaktenden,
- b) Heizwiderstände von 22—30 mm \varnothing mit gut leitenden Kontaktenden und Stirnkontakten.

Die Heizwiderstände im Falle a) bestehen aus einem Heizstab und zwei auf demselben fest sitzenden verdickten Enden, die eine Vergrößerung des Querschnittes bewirken. Dadurch wird erreicht, daß letztere gegenüber dem Glühteil eine geringere Temperatur behalten.

Die Metallisierung der verdickten Stabenden stellt einen praktisch verlustlosen Übergangskontakt zwischen Heizwiderstand und Stromzuleitung dar. Letztere wird an den verdickten Enden mittels Kontaktschellen befestigt.

Die Heizwiderstände im Falle b) mit Stirnkontakten haben keine verdickten Enden und benötigen eine Stromzuführung über wassergekühlte Metallkopfen, die an die Stirnflächen des Stabes angepreßt werden.

Die Abmessungen der Heizstäbe sind vom Werk festgelegt. Eine Änderung der listenmäßigen Längen kann ausnahmsweise in engen Grenzen nur für die verdickten Kontaktenden, nicht aber für die Glühlänge vorgenommen werden. Gebogene Stäbe oder solche mit eckigem Querschnitt werden aus Silit nicht hergestellt.

2. Temperaturcharakteristik

Die obere Gebrauchstemperatur der Heizwiderstände liegt bei 1450 °C, bei der eine Ofenraumtemperatur von 1400 °C erzielt werden kann. Eine Erhöhung bis 1500 °C ist noch möglich, doch stellt diese bereits eine Überlastung dar, welche stets auf Kosten der Lebensdauer der Heizwiderstände geht.

Von normaler Raumtemperatur an bis auf etwa 900 °C nimmt der elektrische Widerstand der Silitstäbe allmählich ab. Mit weiter steigender Temperatur haben die Stäbe dann eine langsam steigende positive Widerstandscharakteristik.

Der Widerstandsverlauf ist aus Bild 1 ersichtlich.

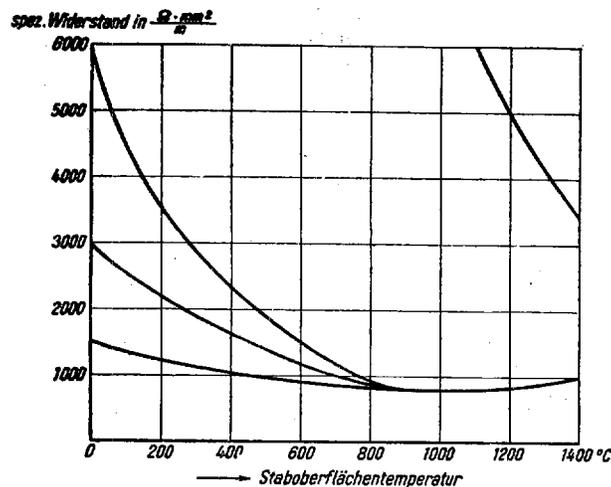


Bild 1

Temperaturcharakteristik des elektrischen Widerstandes von Silitheizstäben

Obere Kurve (links): Glühteil Durchmesser etwa 6 mm
mittlere Kurve (links): Glühteil Durchmesser etwa 12 mm
untere Kurve (links): Glühteil Durchmesser etwa 30 mm
oberste Kurve (rechts): unbrauchbarer Stab.

3. Spannungsabhängigkeit

Innerhalb der normalen Gebrauchsspannung zeigt der Widerstand der Heizstäbe bei Glühtemperatur praktisch keine Abhängigkeit von der Höhe der Spannung.

4. Alterung und Ausgleich derselben mittels Spannungserhöhung

Im Betrieb nimmt der elektrische Widerstand der Silitheizstäbe allmählich zu. Diese Widerstandszunahme, auch Alterung genannt, verursacht eine Verringerung der Stromaufnahme. Zur Aufrechterhaltung der geforderten Temperatur muß deshalb den Stäben die ursprüngliche Leistung durch Erhöhung der Spannung zugeführt werden.

Um die Möglichkeit zu haben, die Alterung der Heizstäbe auszugleichen, ist stets ein Stufentransformator (oder zum mindesten ein Vorwiderstand) in den Stromkreis einzuschalten und bei der Energiezufuhr eine ausreichende Spannungsreserve vorzusehen.

Die Alterung der Silitheizstäbe beträgt in Luft in den ersten 60 bis 80 Betriebsstunden etwa 15 bis 20%. Die weitere Alterung geht langsamer vonstatten. Die Widerstandszunahme kann sogar mehrere 100% des ursprünglichen Widerstandes betragen, ohne daß der Heizwiderstand

unbrauchbar wird, jedoch ist es unwirtschaftlich, Heizstäbe mit zu groß gewordenem Widerstandswert zu verwenden. Je nach der Art des Ofens, der Betriebsweise und der Ofenraumtemperatur werden daher Spannungsreserven von 40 bis 100 % der Arbeitsspannung ausreichen.

5. Lebensdauer

Die Lebensdauer der Heizstäbe hängt nicht nur von der Möglichkeit ab, die Alterung mit Hilfe der Spannungsreverse auszugleichen, sondern richtet sich auch nach der Belastungshöhe der Stäbe. Wenn die Belastungen die in Tabelle 6 des Abschnittes C angeführten Grenzwerte nicht übersteigen, kann die Lebensdauer der Heizstäbe je nach den örtlichen Betriebsverhältnissen bis zu 3000 und mehr Betriebsstunden betragen.

6. Schaltung der Heizstäbe und Auswechseln derselben

Der Einbau der Silithheizwiderstände kann sowohl in Serienschaltung als auch in Parallelschaltung vorgenommen werden.

Serienschaltung. Die Serienschaltung ermöglicht es, die Heizstäbe an die Netzspannung anzugleichen, was besonders bei Gleichstrom für die Verwendung eines Regelwiderstandes (an Stelle des bei Wechsel- oder Drehstrom notwendigen Transformators) wesentlich ist. Dagegen ist es bei dieser Schaltung nicht gut möglich, eine ausreichende Spannungsreserve für den Ausgleich der Alterung vorzusehen. Die Lebensdauer der Heizstäbe kann so nicht voll ausgenutzt und die Stäbe müssen vorzeitig ausgewechselt werden. Bei Serienschaltung muß immer die ganze Gruppe der Heizstäbe gleichzeitig ausgewechselt werden. Schaltet man nämlich alte und neue Stäbe zusammen, so können infolge der zumeist erheblichen Unterschiede im Widerstand Betriebsstörungen auftreten, derart, daß der höchstohmige Stab der Gruppe überlastet wird, dadurch noch stärker altert, weiter überlastet wird und schließlich durchbrennt (Selbsterstörung).

Parallelschaltung. Die Parallelschaltung bietet Vorteile nicht nur für den Ausgleich der Alterung, sondern auch beim Austausch der unbrauchbar gewordenen Stäbe. Wenn an Stelle des alten ein neuer Heizstab eingesetzt wird, der einen kleineren elektrischen Widerstandswert hat, so wird dieser mehr als die anderen Stäbe belastet, altert deswegen rascher, jedoch nur solange, bis sein Widerstandswert sich an den Widerstandswert der übrigen Stäbe angleicht.

Das Auswechseln der Heizwiderstände ist auch bei hochgeheiztem Ofen zulässig und im allgemeinen mit keinerlei Schwierigkeiten verbunden.

7. Einwirkung von Chemikalien und Gasen

- a) Stoffe, die basisch reagieren, wie Alkalien, Erdalkalien und Schwermetalloxyde sowie auch Silikate und Borate, wirken auf das Silithmaterial bei Glühtemperaturen zerstörend ein.

- b) Luft und Kohlensäure oxydieren das Silitmaterial bei Glühtemperaturen allmählich, worauf im wesentlichen die Widerstandszunahme (Alterung) zurückzuführen ist.
- c) Wasserdampf wirkt auf die Heizstäbe bei Glühtemperaturen sehr stark ein und muß durch Anbringen von geeigneten Ableite- oder Absaugvorrichtungen von den Stäben ferngehalten werden.
- d) Wasserstoff und stark wasserstoffhaltige Gasgemische zersetzen Silit bei Glühtemperaturen, besonders an den verdickten Enden.
- e) Werden die wasserstoffhaltigen Gase in der Silitstabskammer unter Bildung von Wasserdampf verbrannt, so gilt das unter c) Gesagte.
- f) Die bei Glüh- und Brennprozessen angewendeten Gemische reduzierender Gase, z. B. Generatorgas, werden, sofern sie nicht stark wasserstoffhaltig sind, auf Silit in etwa gleichem Maße einwirken wie Luft und Kohlensäure (b).

8. Beanstandungen

Jeder einzelne Silitstab wird vor Versand einer Kontrolle im Glühzustand unterzogen. Dabei wird der Meßwert des elektrischen Widerstandes, bezogen auf eine Stabtemperatur von 1400° C, auf dem Stab sichtbar vermerkt.

Auf Grund der genauen Prüfungen ergibt sich die Gewähr, daß nur einwandfreie Stäbe zum Verbraucher gelangen.

In Fällen, in denen im Ofenbetrieb eine anormal kurze Lebensdauer oder eine Zerstörung der Heizstäbe festgestellt wurde, sind mit Zustellung der Beanstandung und des Berichtes über die Erscheinungen auch stets ein Schaltschema sowie Angaben über Verwendungszweck, Ofenatmosphäre und Art der Betriebsführung beizufügen. Von den beanstandeten Stäben ist die Einsendung aller Bruchstücke erforderlich.

B. Einbauvorschriften

Beim Einbau der Heizstäbe ist zu berücksichtigen:
Der Einbau der Stäbe muß so erfolgen, daß

1. die Stabenden mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit der Anschlüsse etwa 50 mm frei an zirkulierender Luft außerhalb der Ofenwandung liegen,
2. die Glühlänge des Stabes (Maß b i. Bild 2) möglichst genau mit dem Innenmaß der Muffel übereinstimmt,
3. die Längsdehnungsmöglichkeit des Stabes bei Erhitzung frei gewahrt bleibt.

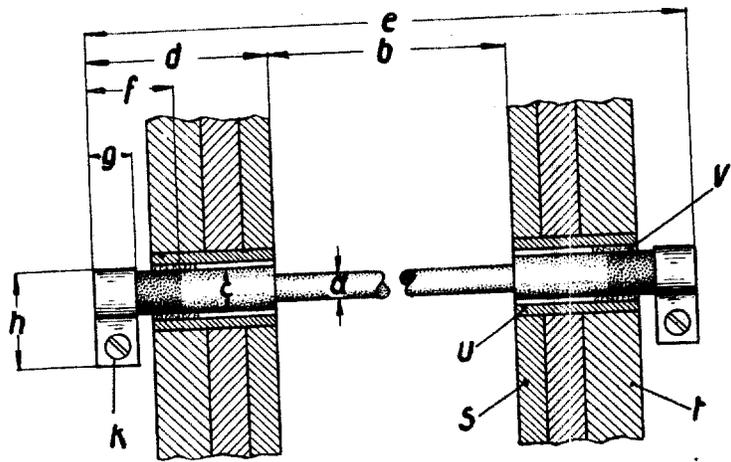


Bild 2. Normaler waagerechter Stabeinbau.

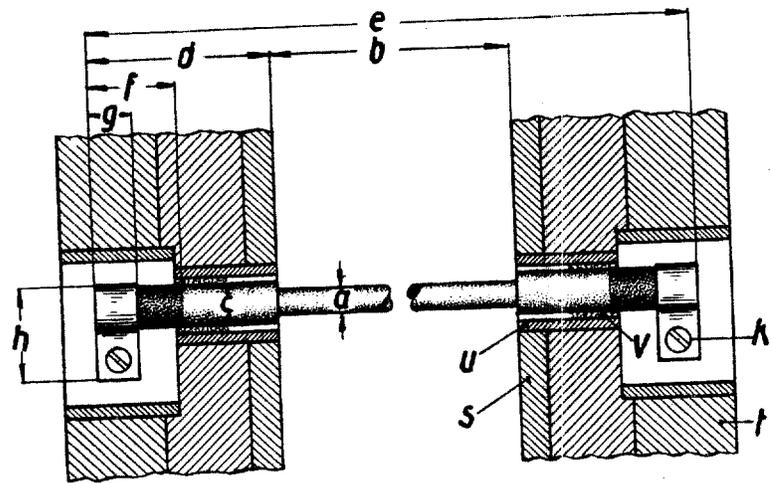


Bild 3. Waagerechter Stabeinbau. Ofenisolation stärker als die Länge der verdickten Enden.

Werden diese drei Erfordernisse beachtet, so sind Störungen an Stäben und Anschlüssen nicht zu erwarten. Eine besondere zusätzliche Kühlung der Stäbe mit verdickten Enden (Anschlußenden) ist nicht erforderlich. Die Stromzuführung an den metallisierten verdickten Enden erfolgt durch Schellen, die zur Verbesserung des Kontaktes unter Zwischenlage weicher Drahtgaze auf die Stabenden geklemmt werden.

Die Heizstäbe sollen in die Durchführungen der Ofenwand zentriert eingesetzt werden, also nicht mit einem Teil der Enden auf den Durchführungsrohren liegen; bei den hohen Temperaturen kann sonst ein Verfrüthen mit dem keramischen Material der Rohre oder der Ofenwand vorkommen. Siliciumstäbe können waagrecht oder senkrecht eingebaut werden. Die waagerechte Anordnung der Heizstäbe jedoch ist aus mehreren Gründen die günstigere. Kann diese Einbauart nicht angewendet werden, so muß bei senkrechtem Stabeinbau der obenliegende Stabanschluß gegen die Einwirkung starker Hitze, die durch das Stabführungsrohr aufsteigen kann, durch Isolierscheiben oder ähnliches geschützt werden. Eine Einbaumöglichkeit dazu zeigt Bild 4.

In einigen Fällen, in denen das Maß der Ofenwandstärke größer als das der Länge des verdickten Endes ist, wird die Einbauvorschrift unter Ziffer 1 ausreichend erfüllt durch eine Gestaltung der äußeren Ofen-

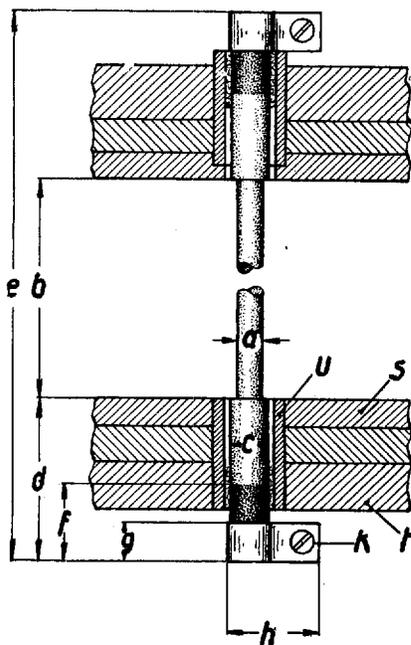
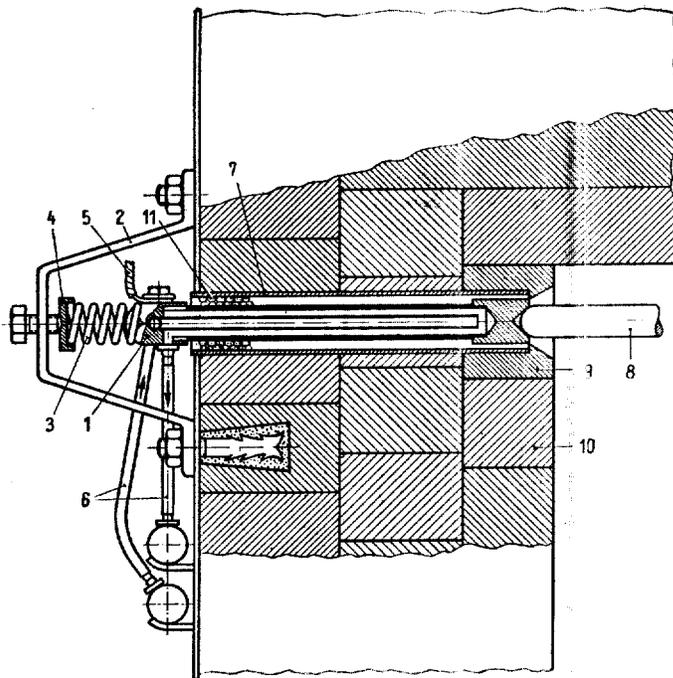


Bild 4.
Senkrechter Stabeinbau.



1 Kühlkopfrohr, 2 \perp -DIN-Eisen 1023, 3 Druckfeder, 4 Isolienscheibe, 5 Stromanschluß, 6 Wasserzu- und -ablauf, 7 Durchführungsrohr, 8 Silit-Stirnkontaktstab, 9 Einführungsstein, 10 Schamottestein, 11 Asbestschnur.

Bild 5. Einbauskizze für Silit-Stirnkontaktstäbe.

wandung, wie es Bild 3 zeigt. Für den Einbau der Stäbe ohne verdickte Enden, der Stirnkontaktstäbe, gelten die unter Ziffer 1 bis 3 angegebenen grundsätzlichen Einbauvorschriften gleichfalls. Für diese Stäbe ist jedoch Wasserkühlung der an die Stirn des Stabes angepreßten Metallköpfen notwendig.

Die Übertragung des Federdruckes auf die wassergekühlten Metallköpfe kann durch verschiedenartige Ausführung der Druckhebelvorrichtung erfolgen, die den äußeren Platzverhältnissen an der Ofenwandung und den anderen Bedingungen angepaßt werden kann.

Eine zweckmäßige Art des Einbaues von Stirnkontaktstäben zeigt Bild 5.

Buchstabenbezeichnung in den Einbauskizzen

(Bild 2—5)

- a = Durchmesser des Glühtheiles
- b = Länge des Glühtheiles (soll gleich dem Muffelinnenmaß sein)
- c = Durchmesser des verdickten Endes
- d = Länge des verdickten Endes
- e = Gesamtlänge des Stabes
- f = Länge der Metallisierung
- g = Kontaktschelle (die Metallanschlüsse müssen an freier Luft liegen)
- h = Länge der Schellenfahne
- k = Gesamtdurchmesser mit Kontaktschellen
- s = Muffelwandung
- t = Ofenisolierung
- u = Durchführungsrohr
- v = Isolierwolle (sie soll nur lose eingestopft werden)
- w = Wärmeabschirmung (nur bei senkrechter Stabanordnung am oberen verdickten Ende nötig)

**C. Anleitung zur Auswahl von Silitheizstäben
zur Bestimmung ihrer Anzahl**

Die Längen der verdickten Enden der Heizstäbe sind so bemessen, daß sie durch Wandungen normaler Dicke bei Öfen für 1400° hindurchgeführt werden können. Änderungen der Glühlänge werden nicht ausgeführt. Beim Entwurf eines Ofens hat man fast immer die Möglichkeit, durch geringfügige Änderung eines Maßes der Heizkammer Verhältnisse zu schaffen, die die Anwendung von genormten Heizstäben ermöglichen.

Nach endgültiger Festlegung der Kammermaße und damit auch der Glühlänge der Heizstäbe müssen, ausgehend von der erforderlichen Heizleistung, Durchmesser und Anzahl der Heizelemente bestimmt werden. Dabei sind die technischen Bedingungen der vorgesehenen Anwendung zu berücksichtigen, wie Bestimmung und Leistung des Ofens, höchste Arbeitstemperatur, Besonderheiten des Arbeitsprozesses, Art des Glühgutes,

erforderliche Kürze der Anheizzeit und andere Umstände mehr. Gleichzeitig muß die Belastung der Stäbe berücksichtigt werden, da streng darauf zu achten ist, daß bei dem bevorstehenden Einsatz der Stäbe ihre Belastung in Watt je cm^2 ihrer Glühoberfläche nicht zu groß wird. Bei dieser Festsetzung wird empfohlen, sich von der in Bild 6 dargestellten Kurve leiten zu lassen, die zur Sicherstellung der wirtschaftlichen Lebensdauer der Stäbe die Grenzen der für Arbeitstemperaturen von 1100°C bis 1400°C höchstzulässigen Belastungen angibt.

Die Kurve zeigt, daß man zur Verkürzung der Anheizzeit des Ofens die Belastung der Heizwiderstände innerhalb der zulässigen Grenzwerte erhöhen darf, dabei jedoch beim Erreichen der jeweiligen Temperaturen die Belastung in strenger Übereinstimmung mit der Kurve entsprechend herabsetzen muß. Auf diese Art und Weise kann die hohe Belastbarkeit der Silithestäbe, die etwa das Zehnfache der Belastbarkeit der Heizdrähte ausmacht, zur bedeutenden Verkürzung der Anheizzeit des Ofens ausgenutzt werden.

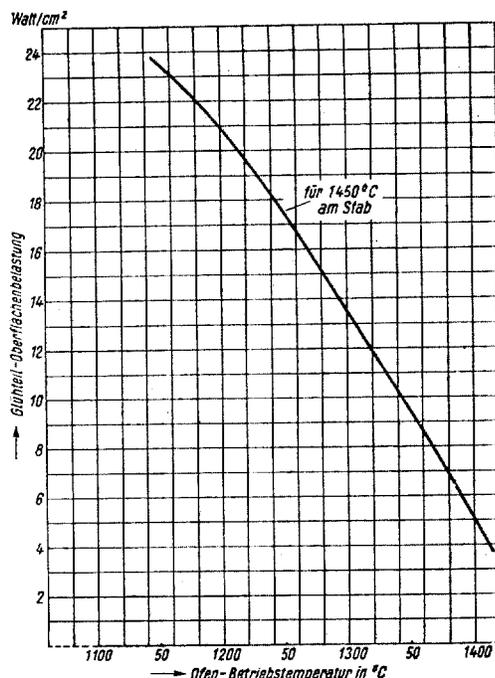


Bild 6
Ofenbetriebstemperatur
und zulässige Silithestab-
flächen-Belastung
in W/cm^2 .

D. Stababmessungen und Belastungswerte Stäbe mit verdickten Enden

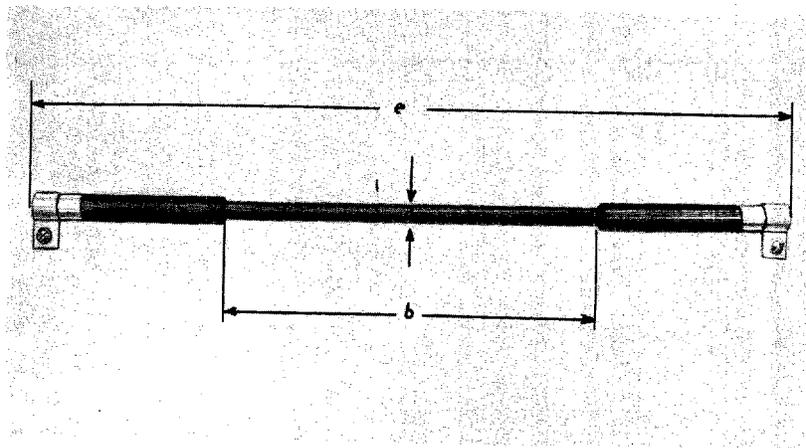


Bild 7. Die Abmessungen der Heizstäbe mit verdickten Anschlußenden, z. B. eines Stabes mit $a = 8$ mm Durchmesser, $b = 150$ mm Glühlänge und $d = 85$ mm langen, verdickten Enden, werden der Kürze halber angegeben zu:

$8 \times 150 (85)$ mm.

Das Verzeichnis der hergestellten Siliciumheizwiderstände, zusammen mit der Angabe der Belastungswerte ist im nächstfolgenden Abschnitt zu finden. Die Belastungstabellen geben die höchstzulässigen Belastungen für 6 verschiedene Öfen mit den entsprechenden maximalen Arbeitstemperaturen von 1100 °C bis 1400 °C an, oder zusammen gelesen — die Werte im Anheizvorgang für einen Ofen mit der oberen Grenze der Arbeitstemperatur von 1400 °C.

Auf Grund der Angaben des Verzeichnisses bietet die Auswahl der erforderlichen Heizwiderstände nach Durchmesser und Anzahl keine Schwierigkeiten. Ausgehend von der Größe der Glühoberfläche der vorgesehenen Heizstäbe ist auch die Leistung des Ofens leicht zu berechnen.

Das Einregeln der Arbeitstemperatur ist mittels Spannungsänderung vorzunehmen. Ein Abschalten einzelner Stäbe ist im Hinblick auf das sich daraus ergebende ungleichmäßige Altern der Stäbe zu vermeiden. Bei Drehstromanschluß kann Dreieck-Sternschaltung vorgesehen werden (Regelung 3 : 1).

Bei Bestellung von Siliciumheizstäben ist der Stabtyp nach der abgekürzten Bezeichnung, d. h. Durchmesser und Länge des Glühendes, Länge des verdickten Endes, bzw. Gesamtlänge des Stabes (vgl. die Erläuterungen bei den Abb. 7 und 8) anzugeben. Außerdem ist es sehr zweckdienlich, dazu auch noch die Höhe der Arbeitstemperatur und die vorgesehene Belastung der Stäbe in Watt oder in Volt und Ampere anzugeben.

Abmessungen
der Silit-Heizstäbe mit verdickten Enden

Lfd. Nr.	Glüh teil			Verdickte Enden		Gesamt-länge des Stabes mm	Länge der Metallisierung mm	Kontakt-schelle	
	Durch-messer mm	Länge mm	Ober-fläche cm ²	Durch-messer mm	Länge mm			Breite mm	Länge der Fahne
1	6	60	11	12	75	210	25	16	20
2	6	100	19	12	75	250	25	16	20
	6	100	19	12	130	360	25	16	20
3	8	100	25	14	85	270	25	16	20
	8	100	25	14	130	360	25	16	20
4	8	150	38	14	85	320	25	16	20
	8	150	38	14	150	450	25	16	20
5	8	180	45	14	85	350	25	16	20
	8	180	45	14	150	480	25	16	20
6	8	250	62	14	100	450	25	16	20
7	12	100	38	18	200	500	40	20	20
8	12	150	57	18	200	550	40	20	20
9	12	250	94	18	200	650	40	20	20
10	14	200	88	22	250	700	40	20	20
11	14	250	110	22	250	750	40	20	20
	14	250	110	22	350	950	40	20	20
12	14	300	132	22	250	800	40	20	20
	14	300	132	22	350	1000	40	20	20
13	14	400	176	22	250	900	40	20	20
	14	400	176	22	350	1100	40	20	20
14	18	250	141	28	250	750	40	20	20
	18	250	141	28	350	850	40	20	20
15	18	300	170	28	250	800	40	20	20
	18	300	170	28	350	1000	40	20	20
16	18	400	226	28	250	900	40	20	20
	18	400	226	28	350	1100	40	20	20
17	18	500	283	28	250	1000	40	20	20
	18	500	283	28	350	1200	40	20	20
18	18	600	339	28	250	1100	40	20	20
	18	600	339	28	350	1300	40	20	20
19	18	800	452	28	250	1300	40	20	20
	18	800	452	28	350	1500	40	20	20
20	25	400	314	38	400	1200	50	30	50

Belastungstabelle
für Silit-Heizstäbe mit verdickten Enden

Lfd. Nr.	Durchmesser und Länge des Glühstückes	Widerstand bei 1400° C in Ω $\pm 10\%$	Über dem Strich: höchstzulässige Energiezufuhr in Watt Unter dem Strich: entsprechende Volt- und Amperewerte für Spannung bzw. Stromaufnahme des Heizwiderstandes $\left(\frac{W}{V/A}\right)$ bei den untenstehenden Ofentemperaturen:					
			1100°	1200°	1250°	1300°	1350°	1400°
1	6×60	2,2	270 24/11,2	240 23/10,5	205 21/9,8	160 19/8,5	115 16/7,2	60 12/5,3
2	6×100	3,5	450 40/11,3	395 37/10,6	340 35/9,7	265 30/8,8	190 26/7,3	95 18/5,2
3	8×100	2,4	600 38/15,8	530 36/14,7	450 33/13,6	350 29/12,1	250 24/10,4	125 17/7,7
4	8×150	3,6	900 57/15,8	790 53/14,7	675 49/13,8	520 43/12,0	380 37/10,3	190 26/7,2
5	8×180	4,4	1080 69/15,7	950 65/14,7	815 60/13,6	635 53/12,0	460 45/10,2	230 32/7,2
6	8×250	6,2	1500 97/15,5	1320 91/14,5	1130 84/13,5	880 74/11,9	630 26/10,1	315 44/7,1
7	12×100	1,1	905 32/28,3	790 30/26,4	680 27/25,2	530 24/22	375 20/18,7	195 15/13
8	12×150	1,7	1350 48/28,2	1180 45/26,4	1020 41/24,4	795 37/21,4	565 31/18,2	280 22/12,8
9	12×250	2,9	2260 79/28,4	1970 74/26,6	1680 69/24,4	1320 61/21,6	940 51/18,4	465 36/12,9
10	14×200	1,8	2110 62/34,0	1850 58/32,0	1570 53/29,6	1230 47/26,6	880 40/22,0	440 28/15,7

Belastungstabelle
für Silit-Heizstäbe mit verdickten Enden

Lfd. Nr.	Durchmesser und Länge des Glüh-teiles	Widerstand bei 1400° C in Ω ± 10%	Über dem Strich: höchstzulässige Energiezufuhr in Watt Unter dem Strich: entsprechende Volt- und Amperewerte für Spannung bzw. Stromaufnahme des Heizwiderstandes $\left(\frac{W}{V/A}\right)$ bei den untenstehenden Ofentemperaturen:					
			1100°	1200°	1250°	1300°	1350°	1400°
11	14×250	2,2	$\frac{2640}{76/34,7}$	$\frac{2310}{71/32,6}$	$\frac{1980}{66/30,0}$	$\frac{1540}{58/26,6}$	$\frac{1100}{49/22,4}$	$\frac{550}{35/15,8}$
12	14×300	2,6	$\frac{3160}{90/34,8}$	$\frac{2770}{85/32,6}$	$\frac{2370}{78/30,4}$	$\frac{1850}{69/26,7}$	$\frac{1320}{59/22,4}$	$\frac{650}{41/15,8}$
13	14×400	3,5	$\frac{4200}{121/34,7}$	$\frac{3680}{113/32,5}$	$\frac{3150}{105/30,0}$	$\frac{2450}{93/26,4}$	$\frac{1750}{78/22,5}$	$\frac{875}{55/15,9}$
14	18×250	1,3	$\frac{3370}{66/51,2}$	$\frac{2960}{62/47,8}$	$\frac{2540}{57/44,5}$	$\frac{1970}{51/38,8}$	$\frac{1410}{43/32,8}$	$\frac{700}{30/23,3}$
15	18×300	1,7	$\frac{4080}{83/49,2}$	$\frac{3570}{78/45,8}$	$\frac{3060}{72/42,5}$	$\frac{2380}{64/37,2}$	$\frac{1700}{54/31,5}$	$\frac{850}{38/22,4}$
16	18×400	2,3	$\frac{5400}{111/48,6}$	$\frac{4740}{104/45,6}$	$\frac{4060}{97/41,9}$	$\frac{3160}{85/37,2}$	$\frac{2260}{72/31,4}$	$\frac{1130}{51/22,2}$
17	18×500	2,7	$\frac{6800}{135/50,4}$	$\frac{5960}{127/47,0}$	$\frac{5100}{117/43,6}$	$\frac{3840}{102/37,6}$	$\frac{2860}{88/32,5}$	$\frac{1420}{62/23,0}$
18	18×600	3,4	$\frac{8150}{166/49,0}$	$\frac{7140}{156/45,7}$	$\frac{6130}{144/42,7}$	$\frac{4760}{127/37,6}$	$\frac{3400}{107/31,8}$	$\frac{1700}{76/22,4}$
19	18×800	4,6	$\frac{10800}{222/48,8}$	$\frac{9500}{208/45,7}$	$\frac{8140}{193/42,1}$	$\frac{6340}{171/37,1}$	$\frac{4530}{144/31,5}$	$\frac{2260}{102/22,1}$
20	25×400	1,3	$\frac{7530}{99/76}$	$\frac{6920}{95/73}$	$\frac{5660}{86/66}$	$\frac{4400}{76/58}$	$\frac{3140}{64/49}$	$\frac{1760}{48/36,5}$

Silit-Stirnkontaktstäbe

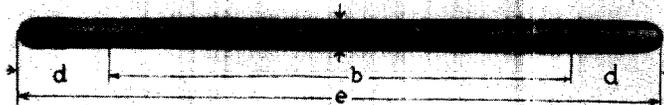


Bild 8. Silit-Stirnkontaktstab.

Für die Abmessungen der Silit-Stirnkontaktstäbe mit z. B. $a = 30$ mm Durchmesser, $b = 1000$ mm Glühlänge, $e = 1115$ mm Gesamtlänge genügt zur Kennzeichnung der Maße die Abkürzung:

$30 \times 1115/1000$ mm.

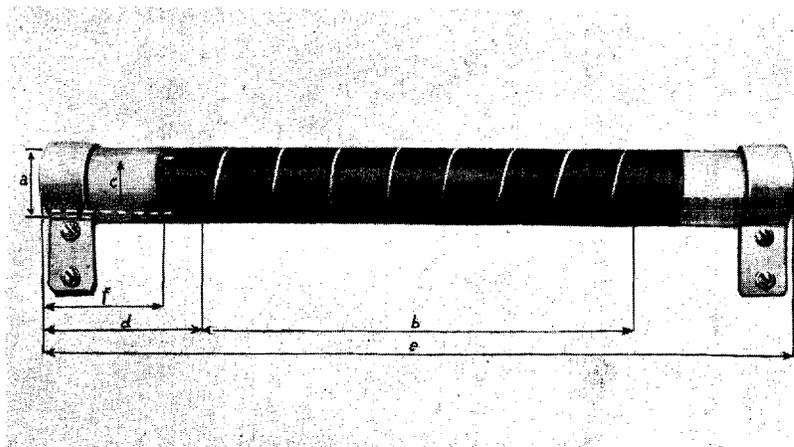
Abmessungen
der Silit-Heizstäbe mit Stirnkontakten

Lfd. Nr.	Glühteil			Länge des gut leitenden Endes mm	Gesamtlänge des Stabes mm	Bezeichnung der Stäbe
	Durchmesser mm	Länge mm	Oberfläche cm ²			
1	22	300	207	52	405	22×405
2	22	400	276	54	508	22×508
3	22	450	311	55	560	22×560
4	22	500	345	55	610	22×610
5	30	400	377	57	515	30×515
6	30	500	471	57	615	30×615
7	30	600	565	57	715	30×715
8	30	800	754	57	915	30×915
9	30	1000	942	57	1115	30×1115
10	30	1200	1130	60	1320	30×1320

Belastungstabelle
für Silit-Heizstäbe mit Stirnkontakten

Lfd. Nr.	Durchmesser des Glühföhles und Gesamtlänge des Stabes	Widerstand bei 1400° C in Ω $\pm 10\%$	Über dem Strich: höchstzulässige Energiezufuhr in Watt Unter dem Strich: entsprechende Volt- und Amperewerte für Spannung bzw. Stromaufnahme des Heizwiderstandes $\left(\frac{W}{V/A}\right)$ bei den untenstehenden Ofentemperaturen:					
			1100°	1200°	1250°	1300°	1350°	1400°
1	22x405	1,1	4760 72/66,2	4350 69/63	3730 64/58,3	2900 57/31	2070 48/72,7	1040 84/30,6
2	22x508	1,5	6350 97/65,5	5800 93/62,4	4970 86/57,5	3870 76/51	2770 65/42,6	1390 46/30,3
3	22x560	1,7	7170 110/65,2	6550 106/62	5620 98/57,4	4360 86/50,7	3120 73/42,8	1570 52/30,3
4	22x610	1,8	7940 119/66,6	7250 114/62,5	6210 106/58,7	4840 93/52	3450 79/43,7	1725 56/30,8
5	30x515	0,85	8600 86/100	7900 82/96,5	6770 76/89	5270 67/78,7	3770 57/66,2	1880 40/47
6	30x615	1,1	10 800 109/99	9870 104/95	8450 96/88	6570 85/77,3	4700 72/65,4	2350 51/46,2
7	30x715	1,3	13 000 130/100	11 800 123/96	10 200 115/89	7900 102/77,5	5650 86/65,6	2820 61/46,3
8	30x915	1,7	17 200 170/101	15 800 163/97	13 550 151/90	10 550 134/79	7550 113/67	3770 80/47,2
9	30x1115	2,1	21 700 213/102	19 800 204/97,4	17 000 189/90	13 200 167/79,2	9450 141/67	4740 100/47,4
10	30x1320	2,5	26 000 255/102	23 700 244/97,3	20 300 225/90,3	15 800 199/79,5	11 300 168/67,4	5660 118/48

II. Silithheizrohre



- a = Außendurchmesser
- b = Glühlänge
- c = Innendurchmesser
- d = Länge des ungeschlitzten Rohrendes
- e = Gesamtlänge des Heizrohres
- f = Länge des metallisierten Teiles.

Die Abmessungen der Silithheizrohre werden der Kürze halber als Produkt zweier Bruchzahlen angegeben, bei denen die erste dem Außen- und Innendurchmesser des Rohres, die zweite im Zähler der Länge des Glüh- teiles und im Nenner der Länge des ungeschlitzten Rohrendes entspricht. Zum Beispiel $30/22 \times 100/25$ mm bezeichnet ein Heizrohr, dessen

Außendurchmesser 30 mm,
Innendurchmesser 22 mm,
Länge des Glüh- teiles 100 mm
und die Länge des ungeschlitzten Rohrendes 25 mm betragen.

A. Beschreibung.

Die Silithheizrohre werden hauptsächlich für die Anfertigung von Labora- toriums-Rohröfen verwendet.

Die obere Grenztemperatur für die Silithheizrohre ist 1400°C . Eine kurz- fristige Erhöhung bis 1500°C ist noch möglich, jedoch geschieht diese

Belastung stets auf Kosten der Lebensdauer der Heizrohre und ist daher unwirtschaftlich.

Die Heizrohre sind der Glühlänge nach am Umfang schraubengangförmig aufgeschnitten; die Schlitz sind zur Erzielung ausreichender Festigkeit der Rohre wieder verkittet mit einer elektrisch nicht leitenden hitzebeständigen und reaktionslosen Masse. Die Rohrenden sind mit einer Metallisierung versehen.

Als Stromzuführungen haben sich Chromstahlblechschellen als zweckmäßig erwiesen, die unter Zwischenlage weicher Drahtgaze an die metallisierten Rohrenden geklemmt werden. Für die Verwendung im Elektroofen muß in das Silithheizrohr noch ein besonderes Arbeitsrohr aus Hartporzellan eingezogen werden, das einen Abstand von 1,5 mm bis 3 mm von der Innenwandung des Silithheizrohres haben soll.

Hinsichtlich des Einbaues und der Verwendung entsprechen die Silithheizrohre den Silithheizstäben, weswegen die im ersten Teil des vorliegenden Kataloges für die Silithheizstäbe gegebenen Anweisungen auch sinngemäß für die Silithheizrohre Geltung haben.

Anschließend ist als Beispiel die schematische Zeichnung eines Rohrofens mit Silithheizrohr dargestellt (Bild 10).

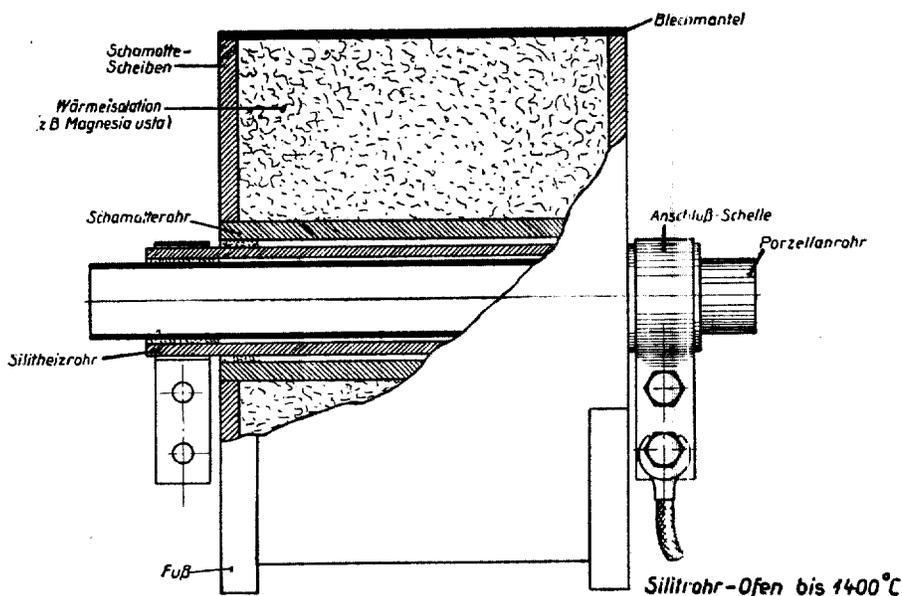


Bild 10

**Abmessungen
der Silit-Heizrohre**

Lfd. Nr.	Rohrdurchmesser		Glühlänge mm	Gesamtlänge mm	Länge der Metallisierung mm	Länge des ungeschlitzten Teiles mm
	außen mm	innen mm				
1	30	22	100	150	20	25
2	30	22	200	350	60	75
3	40	30	200	400	75	100
4	40	30	300	500	75	100
5	50	40	200	400	75	100
6	50	40	300	500	75	100
7	50	40	400	600	75	100
8	60	50	200	400	75	100
9	60	50	300	500	75	100
10	60	50	400	600	75	100
11	60	50	500	700	75	100

Belastungstabelle
für Silit-Heizrohre

Lfd. Nr.	Durchmesser und Länge des Glüh- teiles	Wider- stand bei 1400° C in Ω $\pm 10\%$	Über dem Strich: höchstzulässige Energiezunehr in Watt Unter dem Strich: entsprechende Volt- und Amperewerte für Spannung bzw. Stromaufnahme des Heizwiderstandes $\left(\frac{W}{V/A}\right)$ bei den untenstehenden Ofentemperaturen:					
			1100°	1200°	1250°	1300°	1350°	1400°
1	30×100	5,4	2000 104/19,2	1860 100/18,6	1700 96/17,7	1310 84/15,6	955 72/13,3	485 51/9,5
2	30×200	8,2	4100 184/22,2	3900 179/21,8	3390 166/20,4	2600 146/17,6	1875 124/15,1	940 88/10,7
3	40×200	7,1	5500 197/27,9	5200 192/27,1	4500 179/25,2	3500 157/22,3	2500 153/18,8	1250 94/13,3
4	40×300	9,6	8170 280/29,2	7850 274/28,6	6750 254/26,5	5250 224/23,4	3760 190/19,8	1880 134/14,0
5	50×200	5,0	6800 185/36,8	6500 180/36	5650 168/33,6	4400 148/29,7	3120 125/25	1570 89/17,7
6	50×300	7,5	10 000 274/36,5	9700 270/36	8500 252/33,6	6600 222/29,8	4800 190/25,3	2360 133/17
7	50×400	10,0	13 800 372/37,2	13 180 363/36,3	11 300 336/33,6	8830 297/29,7	6300 251/25,1	3150 177/17,7
8	60×200	4,2	8300 187/44,5	7950 183/43,5	6800 169/40,3	5300 149/35,5	3780 126/30	1900 90/21,3
9	60×300	6,5	12 450 284/43,8	11 900 278/42,8	10 200 258/39,6	7930 227/35	5660 192/29,6	2820 135/20,8
10	60×400	9,0	16 600 386/43	15 750 376/42	13 600 350/38,9	10 550 308/34,3	7550 260/29	3780 184/20,5
11	60×500	12,0	20 800 500/41,6	19 800 488/40,6	17 000 452/37,6	13 200 398/33,2	9440 346/27,3	4720 238, 19,8

III. Verzeichnis der Siltheizwiderstände

1. Heizstäbe mit verdickten Enden

Bezeichnung: Durchmesser × Länge des Glühstücks, in Klammern: Länge des verdickten Anschlußendes.

6× 60 (75) mm	14×300 (250) mm
6×100 (75) mm	(350) mm
6×100 (130) mm	14×400 (250) mm
8×100 (85) mm	(350) mm
(130) mm	18×250 (250) mm
8×150 (85) mm	18×300 (250) mm
(150) mm	(350) mm
8×180 (85) mm	18×400 (250) mm
(150) mm	(350) mm
8×250 (100) mm	18×500 (250) mm
12×100 (200) mm	(350) mm
12×150 (200) mm	18×600 (250) mm
12×250 (200) mm	(350) mm
14×200 (250) mm	18×800 (250) mm
14×250 (250) mm	(350) mm
(350) mm	25×400 (400) mm

2. Heizstäbe mit Stirnkontakten

Bezeichnung: Durchmesser des Stabes × Gesamtlänge / Glühlänge.

22× 405/ 300 mm
22× 508/ 400 mm
22× 560/ 450 mm
22× 610/ 500 mm
30× 515/ 400 mm
30× 615/ 500 mm
30× 815/ 700 mm
30× 915/ 800 mm
30×1115/1000 mm
30×1320/1200 mm

3. Heizrohre

Bezeichnung: Außen- / Innendurchmesser \times Länge des Glühstücks / Länge des ungeschlitzten Anschlußendes.

30/22 \times 100/ 25 mm

30/22 \times 200/ 75 mm

40/30 \times 200/100 mm

40/30 \times 300/100 mm

50/40 \times 200/100 mm

50/40 \times 300/100 mm

50/40 \times 400/100 mm

60/50 \times 200/100 mm

60/50 \times 300/100 mm

60/50 \times 400/100 mm

60/50 \times 500/100 mm

IV. Fragebogen

(Zur Bestimmung der normalen Heizstabdaten für einen Elektroofen ist die vollständige Beantwortung aller nachstehenden Fragen erforderlich.)

1. Art des Ofens?
 - a) Kammerofen oder Muffelofen
 - b) Rohrofen oder Zylinderofen
 - c) Tiegelofen oder Schachtofen

2. Zweck des Ofens?
Glühen, Härten, Schmelzen, Löten, Brennen, C- oder S-Bestimmung usw.

3. Höchste Betriebstemperatur des Ofens?
(Ofenraumtemperatur) °C

4. Art des Einsatzgutes?

5. Glührauminnenmaße (Lichtmaße)?
 - a) Tiefe mm, b) Breite mm, c) Höhe mm
 - d) Rohrdurchmesser mm.

6. Einbauart der Stäbe?
Waagrecht Senkrecht

7. Anzahl der Heizstäbe im Ofen? Stück.

8. Stärke der Ofenwandung an den Heizstabdurchführungen mm.

9. Innendurchmesser der Stabdurchführungsrohre? mm.

10. Maße der bisher verwendeten Heizstäbe?
..... mm
(Durchmesser × Glühlänge × Länge des verdickten Endes)

11. Elektrische Werte eines Heizstabes?
..... Volt, Amp.

12. Schaltung der Heizstäbe? (Schaltbild ist erforderlich)
- Parallel Stück, in Serie Stück.
- In Dreieck oder Stern? Einphasig?
- Wieviel Stäbe je Phase? Stück
13. Netzspannung? Volt.
- Gleich-, Wechsel- oder Drehstrom?
14. Regelung der Stabspannung?
- a) durch Vorwiderstand mit Ohm
- höchstzulässiger Stromwert, für den der Widerstand bemessen ist?
- Amp.
- Stufenzahl des Reglers?
- b) durch Stufentransformator? einphasig? dreiphasig?
- Zahl der Stufen
- niedrigste Spannung Volt bei Amp.
- höchste Spannung Volt bei Amp.
- Spannung der einzelnen Stufen Volt.
15. Heizleistung des Ofens? kW.
16. Welche Leistung verbraucht der Ofen, um eine bestimmte Temperatur konstant zu halten?
- Watt bei °C
- Watt bei °C
17. Ofenatmosphäre am Heizstab? Luft, Schutzgas, Wasserdampf?
18. Bisher erreichte Betriebsstundenzahl mit einem Heizstabsatz?
- Stunden.
19. Lieferfirma des Ofens und Baujahr?
20. Bemerkungen oder besondere Wünsche

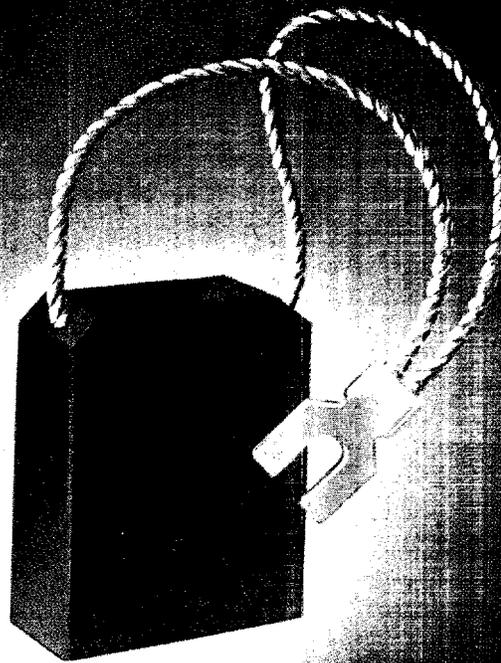
Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

25X1

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

Ap **over**

**SIEMENS
PLANIA**



Kohlebürsten

*alle für
Maschinentypen*

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS - PLANIAWERKE

BERLIN-LICHTENBERG

KOHLEBÜRSTEN

AUSGABE 1948

Bü 35
S. P. 4514

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

VORWORT

Seit Einführung der Kohlebürste in den Elektromaschinenbau als Energie übertragende Brücke zwischen feststehenden und umlaufenden Maschinenteilen sind die damit ausgerüsteten elektrischen Generatoren und Motoren in ihrer auch heute noch nicht abgeschlossenen Entwicklung mannigfachen Vervollkommnungen unterworfen gewesen. Diese machten oft die Anwendung neuerer Bürstenhalter und Bürsten notwendig, bis sie schließlich zu den heute genormten Typen führten.

Da alte, schon Jahrzehnte hindurch in Betrieb befindliche Maschinen selten nachträglich mit modernen Bürstenhaltern und Bürsten ausgerüstet werden können, ist es unvermeidbar, daß die Bürstenhersteller sowohl für die neu genormten Halter als auch für die alten ungenormten laufend sehr verschiedene Bürsten, in bezug auf Qualität wie auch auf Abmessungen, anzufertigen haben. Ihre Vielfalt, besonders in Größe und Form, ist heute so erheblich, daß eine katalogmäßige Zusammenstellung aller Bürsten, ihrer Maßtoleranzen und der verschiedenen Arten von Anschlüssen mit Litzen und Kabelschuhen schlechterdings als unmöglich erscheint. Eine derartige Übersicht über alle zur Zeit verwendeten Ausführungen muß infolgedessen vorläufig beschränkt bleiben auf die im Jahre 1920 erschienenen Normenblätter DIN—VDE 2900 Blatt 1 bis 3 für ortsfeste Maschinen und die seitdem veröffentlichten Blätter DIN 43 020, Blatt 1 und 2.

Die erstgenannten alten Normenblätter werden in Kürze ersetzt durch eine bereits vorbereitete erweiterte neue Auflage unter DIN 43 002, 43 004, 43 008 und 43 009.

Der vorliegende neue Katalog stellt eine Neubearbeitung und Ergänzung nachstehender, in den letzten Jahren vergriffener früherer Kataloge der Siemens-Planiawerke dar, und zwar von

Bü 18: Kohlebürsten (Eigenschaften — Verwendung — Störungen) 1938

Bü 22: Bürstenmarken (1940),

Bü 32: Bürstenarmaturen (1938),

Bü 34: Kohlebürsten — Fragebogen (1942).

Die Siemens-Planiawerke benötigen für die Lieferung der verschiedenen Bürstentypen genaue Angaben über die Bürstenabmessungen und die notwendigen Anschlüsse (Armaturen), möglichst unter Beifügung einer Zeichnung oder eines Musters der bisher verwendeten Bürsten. Die Wahl der geeigneten Bürstenmarke wird dem Bürstenhersteller sehr erleichtert durch Beantwortung der in beiliegendem Fragebogen aufgeführten Fragen nach den jeweiligen Maschinendaten.

INHALT

	Seite
Vorwort	3
I. Allgemeines über Kohlebürsten	5
1. Allgemeine Angaben	5
2. Schleifflächen	5
3. Die verschiedenen Sorten von Bürsten	6
4. Die Vorgänge an den Bürsten	7
a) Vorgänge an Schleifringbürsten	7
b) Vorgänge an Kommutatorbürsten	7
5. Verluste durch Bürsten	8
a) Reibungsverluste	9
b) Übergangsverluste	9
c) Verluste durch Stromwärme	10
d) Gesamtverluste	10
6. Die Stromdichte	10
7. Die Überlastbarkeit	11
8. Mechanische Anforderungen, Lebensdauer	11
9. Prüfung der Bürsten	12
II. Technische Daten und Verwendung der einzelnen Bürstenmarken	13
1. Marken der Kohlebürsten	15
2. Marken der Graphitbürsten	16
3. Marken der Elektrographitbürsten	17
4. Marken der Metallgraphitbürsten	18
III. Normen der Bürstenabmaße	19
1. Allgemeine Angaben	19
2. Normen für Bürstenkommutatoren und Schleifringe	19
3. Normen für abgeschrägte Bürsten	22
4. Normen für Bahnbürsten	22
5. Toleranzen der genormten Bürstenabmaße	23
IV. Bürstenarmaturen	23
V. Anweisungen zum Gebrauch von Kohlebürsten	45
1. Die Voraussetzungen bei der Maschine und ihrem Betrieb	45
2. Das Aufsetzen der Bürsten	46
3. Das Einschleifen der Bürsten	48
4. Das Parallelarbeiten der Bürsten	48
5. Fettstoffe an Bürsten und Schleifflächen	49
6. Aussägen der Kommutatorisolation	50
7. Schleifen von Hand	50
8. Schleifen mit Vorrichtung und Abdrehen	51
VI. Störungen an Bürsten und Abhilfsmaßnahmen	52
Schäden durch willkürliche Maßänderungen an Bürsten	63
VII. Tafel zur Ermittlung der Umfangsgeschwindigkeiten	64
VIII. Anlage: Fragebogen zur Bestellung von Kohlebürsten	65

I. Allgemeines über Kohlebürsten

1. Allgemeine Angaben

Zur Überführung des Stromes von umlaufenden Wicklungen elektrischer Maschinen zu ruhenden Anschlußteilen dienen „Bürsten“, die auf Schleifkörpern gleiten. Ihren Namen haben die Bürsten von Bündeln dünner Drähte, die bei den ersten elektrischen Maschinen diese Aufgabe erfüllten und bürstenartig aussahen. Ein störungsfreier, geordneter Betrieb elektrischer Maschinen ist so sehr eine Bürstenfrage, daß diesen scheinbar unbedeutenden, oft wenig in die Erscheinung tretenden Bestandteilen der Maschinen bei deren Konstruktion und Betrieb die allergrößte Aufmerksamkeit gewidmet werden muß. Über 80 Prozent aller elektrischen Maschinen haben z. Z. dauernd aufliegende Bürsten, einige weitere Prozent nur beim Anlauf betriebene, der Rest (Motoren mit Kurzschlußläufer) gar keine Bürsten. Ungeeignete Bürsten verursachen zu hohe elektrische und Reibungsverluste, unwillkommene Erwärmung, Geräusch, Verschmutzung der Schleifflächen und der übrigen Teile, Gefährdung der Isolation durch Kohlen- und Kupferstaub und übermäßigen Verschleiß an allen Gleitflächen. Störungen durch Bürsten gehören zu den lästigsten Behinderungen des Betriebes. Es wäre deshalb grundfalsch, bei Beschaffung gerade der Bürsten Mühe oder Kosten zu scheuen.

2. Die Schleifflächen

Von den beiden wichtigsten Arten der mit den umlaufenden Wicklungen verbundenen Schleifkörper, den Stromwendern oder Kommutatoren und den Schleifringen, erheischen die ersten, als die schwierigsten, das größere Interesse. Alle Gleichstrommaschinen (außer unipolaren) und ein großer Teil der Wechsel- und Drehstrommotoren besitzen Kommutatoren. Bei diesen ist die Schleiffläche aus gegeneinander isolierten, meist kupfernen Lamellen zusammengesetzt, die, von Sonderfällen abgesehen, Spannungsunterschiede bis zu 30 Volt gegeneinander führen können. Schlecht gepflegte, verschmutzte Kommutatoren werden daher manchmal der Ausgangspunkt schwerer Kurzschlüsse (Rundfeuer). Hat die Isolation größere Härte als die Kupferlamellen (Glimmer), so wird sie in der Regel durch Aussägen ($\frac{1}{2}$ bis 1 mm tief unter die Schleiffläche) von den Bürsten ferngehalten. Um Einlaufen der Bürsten und Riefenbildung zu vermeiden, müssen besondere Regeln beim Aufsetzen beachtet werden. Zu einwandfreiem Betrieb gehört ebenso sehr ein sauber gepflegter, gut rundlaufender Kommutator, wie gut eingeschliffene, richtig gewählte Bürsten.

Kommutatoren bestehen meist aus gezogenem reinem Kupfer, das möglichst hart sein soll. Der Stromwender einer einwandfrei arbeitenden elektrischen Maschine zeigt aber im allgemeinen keine Kupferfarbe, sondern — je nach der verwendeten Bürstensorte und Besonderheit der Maschine — eine mehr oder weniger dunkle, braun bis blauschwarz polierte Lauffläche (Brünierung). Eine gute Politur ist eine Gewähr dafür,

daß der Verschleiß an Kommutator und Bürste auf ein geringstes Maß herabgesetzt ist.

Gegen zu hohe Temperaturen sind Kommutatoren empfindlich, weil sie sich dabei leicht verziehen und unrund werden. Die Überhitzung kündigt sich durch Auftreten gelbroter bis karminroter Anlauffarbe an. Störend wirken auch manche Gase (Chlor, Kokereigas) und Dämpfe (Öldämpfe verursachen ein Zusammenkleben des Staubes und Klemmen der Bürsten in den Kästen), ferner Staub. All diese Einflüsse sollten daher von den Maschinen ferngehalten werden.

Schleifringe dienen als Gleichstrom- oder Wechselstromklemmen umlaufender Wicklungen; sie werden aus Stahl, Gußeisen, Kupfer oder Bronze hergestellt. Zinkgehalt (Messing) hat bei Schleifringen stets besondere Schwierigkeiten verursacht. Um das Zerspringen der Ringe zu vermeiden, nimmt man bei großen Umfangsgeschwindigkeiten statt der Buntmetalle Stahl. Hinsichtlich Politurbildung und Empfindlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen gilt ähnliches wie für Kommutatoren.

Alle Arten von Schleifkörpern werden mit Umfangsgeschwindigkeiten von 1 (und weniger) bis zu etwa 80 Meter in der Sekunde betrieben. Mit zunehmender Umfangsgeschwindigkeit gestaltet sich der Betrieb immer schwieriger, wird z. B. in höherem Maße abhängig von einwandfrei sauberem Rundlaufen der Stromabnahmekörper.

3. Die verschiedenen Sorten von Bürsten

Die Grundstoffe bei der Bürstenherstellung sind amorphe Kohle (z. B. Ruß- und Koksarten), Graphit und Metall (Kupfer oder Legierungen desselben), dazu Teer und andere Stoffe als Bindemittel. Die Menge dieser einzelnen Bestandteile ist je nach Bestimmung der Bürsten verschieden. Diese Rohstoffe werden in der gewünschten Körnung und Mischung zugerichtet und durch Pressen oder Spritzen in Form gebracht. Die geformten Stücke werden gebrannt. Bei den sogenannten Edelkohlen folgt dieser Fertigung die Behandlung im Graphitierungssofen, das „Elektrographitieren“, wobei im wesentlichen eine Umwandlung des im Werkstück enthaltenen amorphen Kohlenstoffes in Elektrographit vor sich geht und gleichzeitig die mineralischen Verunreinigungen durch Verdampfen weitgehend entfernt werden. Nach der Wärmebehandlung werden die Stücke auf die verlangten Maße zugeschliffen und je nach Verwendung verkupfert und mit Anschlußteilen versehen.

Es werden vier Hauptgruppen von Bürstensorten unterschieden:

- I Kohlemarken
bestehen im wesentlichen aus amorphem Kohlenstoff („Reinkohle“).
- II Graphitmarken
bestehen aus Naturgraphit.
- III Elektrographitmarken
hierher gehören die „Edelkohlen“.
- IV Metall enthaltende Marken, meist Graphit und Metall:
der Metallgehalt ist sehr verschieden, von 20 bis über 90 Prozent.

Als grobe Faustregel für die Eigenschaften dieser Sorten kann gelten, daß in der gegebenen Reihenfolge Belastbarkeit und Preis steigen und, sofern man Natur- und Elektrographitmarken zusammenwirft, die Härte und die einzelnen Energieverluste fallen, die Leitfähigkeit steigt. Die höchsten Umfangsgeschwindigkeiten lassen gewisse Marken der Gruppe III zu. Die Hitzebeständigkeit der Bürsten hängt wesentlich von Art und Umwandlungsgrad der verwendeten Bindemittel ab.

4. Die Vorgänge an den Bürsten

a) Vorgänge an Schleifringbürsten

Diese vermitteln den gleitenden Kontakt mit einem massiven Metallkörper, also reinen Stromdurchgang. Deshalb zeigen die Erscheinungen hier am deutlichsten den Einfluß der Stromrichtung. Bei Gleichstrom wird diese Wirkung, die durch eine Wanderung feinsten Metallteilchen in der Stromrichtung erklärt werden kann, nicht wie bei Wechselstrom aufgehoben. Das hat zur Folge, daß der sogenannte „Minusring“, an dem der Strom vom Ring zu den Bürsten übertritt (kathodische oder Austrittsbürste), größere Schwierigkeiten bereitet als der „Plusring“ (anodische oder Eintrittsbürste). Laufen z. B. Kupfer enthaltende Bürsten auf Eisenringen, so zeigen sich graue Eisenablagerungen an der „Minusbürste“, verbunden mit Rauwerden und Verschleiß des Minusrings, dagegen Verkupferung des Plusrings. Abhilfe schafft man durch zeitweiligen Wechsel der Polarität. Aber auch Wechselstromringe an synchronen Maschinen mit ruhenden Polen (Umformer) zeigen Polaritätserscheinungen, da der Nulldurchgang des Stromes wegen des Synchronismus stets an der selben Stelle der Schleifringe auftritt. Hier zeigt sich oft beim Übergang vom Ring zur Bürste größerer Verschleiß und damit Unrundwerden der Ringe, wenn nicht für geeignete Verteilung der Bürsten auf den Ringumfang gesorgt wird.

b) Vorgänge an Kommutatorbürsten

Die Kommutatoren sind in Herstellung und Pflege die schwierigsten Stromleiter, auf denen Bürsten schleifen, und daher sind die elektrischen Vorgänge, die sich darauf abspielen, auch sehr verwickelt und keineswegs restlos geklärt. Es handelt sich hier nicht nur um die Stromübertragung von feststehenden Teilen auf rotierende, wie beim Schleifring, sondern um die Bewältigung von Kurzschlußströmen zwischen gleichzeitig überdeckten Lamellen, und bei Gleichstrommaschinen noch um die Stromwendung, auch Kommutierung genannt.

Bei der Gleichstrommaschine kehrt eine Ankerspule, d. i. der Wicklungsteil zwischen zwei benachbarten Kommutatorlamellen, in dem Augenblick, in dem diese Lamellen unter der Bürste hindurchgehen, also durch sie leitend verbunden werden, ihre Stromrichtung um. Denn der Strom fließt von beiden Seiten der Wicklung auf die Bürste zu. Diese Stromumkehr geschieht in sehr kurzer Zeit. Hat z. B. ein Kommutator 20 m/sec. Umfangsgeschwindigkeit und die Bürste 20 mm tangentialer Breite, so gleitet

ein Punkt der Kommutatoroberfläche im tausendsten Teil einer Sekunde unter der Bürste hindurch. Aus der nur wenig längeren Kommutierzeit und den übrigen räumlichen Daten der Spule errechnet sich eine elektromotorische Kraft der Selbstinduktion, mit der die Spule der Stromumkehr entgegenzuwirken sucht. Da diese Spannung einen lästigen, zusätzlichen Strom durch die kurzgeschlossene Spule über die Bürste und die Lamellen hinweg zu erzeugen vermag, so gilt es, diese Erscheinung oder die Spannung selbst zu bekämpfen.

Am einfachsten ist es, den unerwünschten Stromdurchgang durch den Bürstenwiderstand zu drosseln. Ist der Übergangswiderstand der Bürste und der Spannungsabfall auf dem Wege quer durch die Bürste von Lamelle zu Lamelle groß genug, so wird dadurch die Selbstinduktionsspannung unschädlich gemacht. Bei diesem Vorgehen ist man allerdings auf hohen Übergangs- und Eigenwiderstand der verwendeten Bürsten angewiesen.

Eine bessere Lösung ist die Aufhebung der Selbstinduktionsspannung durch eine in der kurzgeschlossenen Spule durch die Drehung der Maschine induzierte Spannung. Eine solche kommt in geeigneter Größe zustande, wenn man die Spulen an einer Stelle kurzschließt, wo sie in einem aktiven Feld von passender Stärke laufen; dann erzeugt dieses Feld eine elektromotorische Kraft, welche der der Selbstinduktion entgegen gerichtet ist. Eine Schwierigkeit bietet hier die magnetische Rückwirkung des Ankers, die das Hauptmagnetfeld verzerrt und gerade da empfindlich schwächt, wo es in der oben angedeuteten Weise zur Kommutierung beitragen sollte. Man kann diesen Schwierigkeiten durch Bürstenverschiebung begegnen. Noch günstiger aber werden die Verhältnisse, wenn man durch Wendepole die Querwirkung des Ankers aufhebt. Dann ist eine Verstellung der Bürsten nicht erforderlich, und das Kommutierungsfeld kann durch eine geringfügige Verstärkung des Wendefeldes (z. B. um etwa 15 bis 20 Prozent) geschaffen werden.

Verwickelter noch liegen die Verhältnisse bei Wechselstrom-Kommutatormaschinen, an deren Lamellen auch durch Transformatorwirkung Spannungen auftreten, die von der Umfangsgeschwindigkeit unabhängig sind und erhebliche Größe haben.

5. Verluste durch Bürsten

Die Anforderungen, denen die Bürsten genügen müssen, sind außerordentlich vielseitig. Der leitende Gesichtspunkt wird immer die Frage der Energieverluste sein. Solche werden durch die Reibung an den Laufflächen, durch den Übergangswiderstand an diesen und durch den Ohmschen Widerstand der Bürsten und ihrer Stromzuleitungen verursacht; sie stellen durchweg vernichtete, in Wärme umgewandelte Energie dar. Dabei sind die Forderungen nicht selten widersprechend. Zur Verminderung der Reibungsverluste kann der Auflagedruck verkleinert werden; dadurch erhöht sich aber der Übergangswiderstand. Wählt man zwecks Beherrschung der Kommutierung den spezifischen Widerstand hoch, so wächst damit meist auch der Joulesche Verlust und damit die Erwärmung

der Bürsten. Schon bei Entwurf der Maschine sind diese Verluste richtig gegeneinander abzuwägen.

a) Reibungsverluste

Die Bürstenreibung wird durch Material und Zustand der beteiligten Flächen bestimmt und durch den Zustand der umgebenden Luft. Die Reibung soll durch gute Politur der Lauffläche vermindert werden, die sich allerdings nur unter richtig arbeitenden Bürsten erhält und sogar verbessert. Als Maßstab für den Verlust dient die Reibungsziffer, die häufig mit wachsender Umfangsgeschwindigkeit fällt und bei Stromdurchgang meistens geringer ist als bei Leerlauf; das Bürstengeräusch vermindert sich bei Stromdurchgang. Die üblichen Bürstendrucke liegen zwischen 100 bis 250 g/cm² bei ortsfesten und 200 bis 400 g/cm² bei ortsbeweglichen Maschinen. Bei zunehmendem Bürstendruck fällt die Übergangsspannung und steigt der Reibungsverlust. Rhythmisches Zittern der Bürsten, z. B. durch Resonanzerscheinungen hervorgerufen, kann die Reibung stark vermehren. Die Reibung ist beim Anlauf besonders hoch, fällt dann aber schnell. Die Reibungsziffer nimmt im allgemeinen mit der Härte der Bürsten zu. Auf Kommutatoren ist sie größer als auf Ringen.

b) Übergangsverluste

Der Übergangsverlust ist dem Umstand zuzuschreiben, daß zwischen gleitenden Kontakten nicht, wie bei ruhenden, ein Zusammenbacken (Fritten) kleinster Teile vor sich gehen kann, der Strom also durch schwer leitende dünne Schichten (Oxyde, Feuchtigkeit usw.), die nicht von den Schleifflächen entfernt werden können, seinen Weg erzwingen muß. Man soll auch diese Schichten (Brünierung) nicht entfernen, sondern pflegen, denn die sehr beträchtliche Übergangsenergie wird nicht völlig nutzlos vergeudet, sondern zum Hauptteil der Stromwendung geopfert. Man kann daher auch nicht den Übergangsverlust an sich, sondern nur ein Zuviel bekämpfen. Als Maß für diese Energie dient die Übergangsspannung, die auf einem Ring oder kurzgeschlossenen Kommutator gemessen und für Zu- und Ableitungsbürste zusammen angegeben wird. Sie steigt mit wachsendem Strom zuerst sehr schnell, dann langsam, etwa wie eine Wirkungsgradlinie. Bürsten mit einer Kurve, die für die höheren Werte des Stroms wieder fällt, sind zu verwerfen; sitzen derartige Bürsten zusammen mit solchen normalen Verhaltens auf einem Bolzen, so nehmen sie denen bei steigendem Strom ihren Lastanteil ab und fallen dadurch schneller Zerstörung anheim. Der Übergangswiderstand fällt als Quotient von Übergangsspannung und Strom etwa nach einer gleichseitigen Hyperbel. Die Übergangsspannung ist abhängig von der Temperatur und dem Druck, unabhängig vom Auflagequerschnitt. Mit zunehmender Brünierung wächst sie. Im Mittel beträgt sie (auf Kommutator gemessen) bei Bürsten der Gruppen I bis III etwa 2 bis 3 Volt, bei Metall enthaltenden Bürsten $\frac{1}{2}$ Volt, Plus- und Minusbürste zusammengenommen. Auf Kupfer- und Bronzeschleifringen ist die Übergangsspannung kleiner, auf Stahlschleifringen größer als auf Kommutatoren. Schmutz und hervorstehende Isola-

tion verschlechtern die Verhältnisse, ebenso Rasseln der Bürste. Der Teilverlust an der Eintrittsbürste ist meist kleiner als an der Austrittsbürste.

c) Verlust durch Strom- (Joulesche) Wärme

Dieser wächst mit dem Ohmschen Widerstand der Bürsten, der in Ohm für mm² und m (oder auch für den Zentimeterwürfel) angegeben wird. Bei gepreßten Bürsten pflegt der Widerstand in der Preßrichtung größer auszufallen als in den anderen Richtungen; man kann davon in der Weise Gebrauch machen, daß die Bürsten dem Kurzschlußstrom zwischen den Lamellen einen hohen Widerstand, dem Stromdurchgang in der Längsrichtung geringen Widerstand entgegensetzen. („Quer“- und „Längswiderstand“.) Unter normalen Verhältnissen ist die Erwärmung der Bürsten durch Leitungsverlust gering.

d) Die Gesamt-Bürstenverluste lassen sich bei normalen Gleichstrommaschinen in grobem Überschlag etwa gleich den Lager-Reibungsverlusten und diese gleich 1/2 bis 1 Prozent der Maschinenleistung setzen. Bahnmotoren, Wechselstrom-Kommutatormaschinen und Maschinen mit großer Bürstenzahl, z. B. Gleichstrom-Niederspannungsmaschinen, erreichen dagegen weit höhere Bürstenreibungsverluste (5 bis 10 Prozent).

6. Die Stromdichte

Wie in der Festigkeitsrechnung die Beanspruchungen und bei Leitungsberechnungen die Ströme, so bezieht man auch im Bürstenfach die Strombelastung auf die Einheit des Bürstenquerschnitts und redet von „spezifischer Belastung“ (Amp./cm²) oder „Stromdichte“ an der Bürsten-Auflagefläche. Man setzt dabei voraus, daß sich der Strom gleichmäßig auf die ganze Kontaktfläche verteilt und kommt dabei gut zurecht, obschon in Wirklichkeit der Strom nur an einigen Punkten übertritt, die beständig sehr schnell wechseln. Diese und die weitere Forderung, daß von mehreren parallel geschalteten Bürsten jede wirklich den ihr zugedachten Stromanteil erhält, soll man sich bei Störungen vor Augen halten. Man achte bei parallel arbeitenden Bürsten eines Bolzens auf die anteilige Strombelastung.

Maschinen für hohe Spannungen erfordern geringe Stromdichte; bei niedrigen Spannungen dagegen, also großen Strömen, würde der Raumbedarf für die Bürsten zu groß werden, so daß man mit der Strombeanspruchung heraufgehen und zu besonderen Bürstenmarken greifen muß.

Die Belastbarkeit der einzelnen Gruppen steigert sich wie folgt:

Harte Kohle-Marken	Naturgraphit-Marken	Elektrographit-Marken	Metall enthaltende Marken
6-7 Amp./cm ²	8-10 Amp./cm ²	10 Amp./cm ²	12-15 Amp./cm ²

Diese Zahlen gelten für mittlere Verhältnisse und Dauerbelastung. Bei großen Umfangsgeschwindigkeiten (Turbomaschinen) oder schwieriger

Kühlung (Kapselmaschinen) kommen kleinere, bei besonders günstiger Kühlung und für Stoßlasten wesentlich größere Werte in Betracht. Je höher die Stromdichte gewählt wird, um so kleiner werden erforderliche Bürstenkontaktfläche und Reibungsverlust. Die Bürstenbreite richtet sich nach der Zahl der gleichzeitig kurzzuschließenden Lamellen, die wieder großen Einfluß auf die Kommutierung hat. Bei schwieriger Kommutierung findet man oft schmale Bürsten und hohe Stromdichten, weil man größere Übergangsspannung braucht und diese mit der Stromdichte zunimmt. Bei Wahl der Stromdichte ist die Kommutatorerwärmung zu berücksichtigen: Die Kommutator-Übertemperatur soll im allgemeinen 60 Grad C nicht übersteigen. Je kühler der Kommutator, um so besser die Kommutierung.

7. Überlastbarkeit

Wichtig für Bürsten, die einen rauen Betrieb aushalten müssen, ist ihre Überlastbarkeit. Bei der Festlegung der Stromdichtewerte sind die beträchtlichen Bürstenquerströme berücksichtigt, die — außer den Betriebsströmen — die Bürsten belasten (siehe Abschnitt Kommutierung). Es entstehen durch diese zweifache Belastung hohe Beanspruchungen der Ablaufkanten und es kommt vor, daß diese bei Lastspitzen aufglühen. Auch an die Gleichstrombürsten auf Einanker-Umformern werden äußerst hohe Anforderungen gestellt, wenn man diese Maschinen von der Drehstromseite her anläßt. Bürsten für solche Zwecke sollten keine Verdampfung ihrer Bestandteile zeigen, vielmehr müßten alle ursprünglichen Eigenschaften auch nach dem Glühen vorhanden sein. Wenn auch einige Bürstensorten solche zeitweiligen Überlastungen und sogar Überschläge trotz sehr starker Erhitzung gut überstehen, so ist doch selbstverständlich besonders darauf zu achten, daß häufige unzulässige Beanspruchungen von den Bürsten ferngehalten werden.

8. Mechanische Anforderungen, Lebensdauer

Die erstaunliche mechanische Leistung auf seiten der Bürste wird am besten klar, wenn man sich die von ihr am Schleifkörperumfang zurückgelegte Strecke abgerollt vorstellt. Die Bürsten einer Turboerregmaschine mit 50 m/sec Umfangsgeschwindigkeit gleiten in $\frac{1}{2}$ Jahr längs einer Strecke, die 800 000 km, d. h. 20 Erdumfänge mißt. In der gleichen Zeit hat jede Stelle des Kommutators nicht ganz den zehnten Teil dieses Weges an Bürstenfläche bestrichen.

Die mechanischen Anforderungen an die Bürsten sind Festigkeit gegen den laufenden Verschleiß und gegen vorzeitigen Bruch. Bei normalem Verbrauch sind sowohl die Vorgänge beim Stromdurchgang als auch die mechanische Abnutzung am Verschleiß der Bürsten beteiligt. Die beiden Anteile können je nach Bürsten- und Ringmaterial, nach mechanischer (Umfangsgeschwindigkeit, Druck) und elektrischer Beanspruchung (Stromdichte, Funken) außerordentlich verschieden und veränderlich sein. Daher kann man keinen festen Wert für die Lebensdauer angeben; sie liegt zwischen $\frac{1}{2}$ Jahr bei sehr schwierigen Fällen und 2 Jahren bei günstigen.

Bei Grenzfällen verzeichnete man einige Monate und viele Jahre. Von Einfluß auf die Lebensdauer ist auch die Strombelastung. Alle Bürsten haben bei Stromdurchgang stärkeren Verschleiß als ohne Strom, sofern nicht der stromlose Lauf zu mechanischen Schwierigkeiten führt. Kupfergraphitbürsten zeigen auf hochglanzpolierten Ringen nur bei Stromdurchgang nennenswerten Verschleiß. Kann man die Ergebnisse mehrerer Marken bei einer Maschine gegeneinander abwägen, so sollte man einen größeren Bürstenverschleiß in Kauf nehmen, wenn dabei die Abnutzung des Kommutators oder der Ringe niedrig gehalten werden kann.

Beanspruchungen, die vorzeitigen Bruch der Bürsten herbeiführen können, entstehen außer bei vermeidbaren Fahrlässigkeiten (rauhe Handhabung, Zuschlagen der Halter usw.) häufig durch Schwingungserscheinungen, die, besonders bei stromlosem Lauf, zu starkem Rasseln, Litzenerstörung und Zersplittern der Bürsten führen. Durch sorgfältige Instandhaltung der Schleifkörper, Verändern des Winkels zwischen Bürste und Kommutator, vorsichtige Anwendung von Schmiermitteln kann man bei rechtzeitigem Eingreifen schnell zunehmenden Schaden verhüten; fachmännischer Rat sollte hierbei stets eingeholt werden.

Ganz besonders hohen Beanspruchungen sind Bahnmotorbürsten ausgesetzt. Hier sind hohe Bürstenreibungen und hohe Kommutatortemperaturen wegen der erforderlichen Auflagedrücke (siehe Seite 8) unvermeidlich. Man sucht daher manchmal durch besondere Schaltungen den stromlosen Leergang der Motoren zu vermeiden. — Als besonders geeignet haben sich für Bahnmotoren elektrographitierte Marken gezeigt.

9. Prüfung der Bürsten

Die Fabrikation wird laufend durch Überwachung der Rohstoffe im chemischen Laboratorium und durch die Prüfung der Bürsten auf ihre physikalischen Eigenschaften unterstützt. Hierzu gehören zum Beispiel:

- Messung des spezifischen Gewichtes,
- Messung der Härte mit dem Skleroskop nach Shore,
- Messung der Biegefestigkeit (Bruchversuch),
- Messung der Reibungsziffer,
- Messung der Verstaubungsziffer;

ferner:

- Messung des spezifischen Widerstandes in verschiedenen Richtungen,
- Messung der Übergangsspannung,
- Messung der zulässigen Stromhöchstwerte für verschiedene Geschwindigkeiten,
- Messung der Kommutierungswerte auf einer Wendepolmaschine.

Dauerversuche geben den Aufschluß über die Beanspruchung der Schleifflächen durch die Bürsten der verschiedenen Marken.

Alle Prüfeinrichtungen dienen natürlich, außer der ständigen Kontrolle der Fabrikation, vor allem der Entwicklung neuer Marken. Die wertvollste Unterstützung bei deren Erprobung wird aber immer aus dem

praktischen Betriebe kommen. Es sei daher auch hier wieder darauf hingewiesen, daß alle Bürstenverbraucher an der Entwicklung dadurch mitwirken sollten, daß sie uns ihre Beobachtungen möglichst eingehend übermitteln und uns Gelegenheit geben, schwierige Maschinen mit Probebürsten zu besetzen, die wir gern zur Verfügung stellen. Nur in ständiger Zusammenarbeit mit der Praxis können in jeder Richtung einwandfreie Ergebnisse erzielt werden.

II. Technische Daten und Verwendung der einzelnen Bürstenmarken

Kohlebürsten zeigen nach Zusammensetzung und Art der Herstellung verschiedene physikalische Eigenschaften. Sie erhalten daher stets eine Markenbezeichnung.

Im Gegensatz zur Marke gibt die Type Form und Abmessungen der Bürste, sowie die Ausführung des Anschlusses an. Zur vollständigen Kennzeichnung einer zu liefernden Bürste ist also die Angabe von Marke und Type erforderlich.

Die Bürstengruppen

Nach dem stofflichen Aufbau werden folgende vier Hauptarten von Bürsten unterschieden:

Kohlebürsten mit dem Markenzeichen K
Graphitbürsten mit dem Markenzeichen G
Elektrographitbürsten . . . mit dem Markenzeichen E
Metall enthaltende Bürsten mit dem Markenzeichen M
z. B. K 135, G 189, E 149, M 510.

Die **Kohlebürsten**, auch harte Kohlen genannt, bestehen im wesentlichen aus amorphen Kohlenstoffarten. Sie zeichnen sich durch große mechanische Festigkeit aus und können daher auch auf Kommutatoren mit nicht ausgeschabtem Glimmer verwendet werden. Sie vertragen im allgemeinen nur mittlere Umfangsgeschwindigkeiten und Strombelastungen. Ihre Kommutierfähigkeit ist beachtlich.

Die **Graphitbürsten** werden aus verschiedenen Graphitsorten hergestellt und unterscheiden sich von den Kohlebürsten durch ihr weiches Gefüge mit Schichtenstruktur. Bemerkenswert ist ihre Eignung für große Umfangsgeschwindigkeiten und ihre besonders gute Kommutierfähigkeit. Der Glimmer der Kommutatoren muß sorgfältig ausgeschabt sein.

Die **Elektrographitbürsten**, auch Edelkohlen genannt, entstehen durch Elektrographitieren von Kohlebürsten. Bei diesem Vorgang werden alle Verunreinigungen entfernt, und man erhält Bürsten, die neben großer mechanischer Festigkeit gutes Kommutiervermögen sowie große elektrische und thermische Belastbarkeit besitzen. Die Elektrographitbürsten sind unempfindlich gegen Überschlüge und unübertroffen in der Schonung

der Schleifkörper; sie werden daher für moderne Großmaschinen bevorzugt. Auch sie sind für hohe Umfangsgeschwindigkeiten geeignet. Ausschaben des Glimmers ist erforderlich.

Die Metall enthaltenden Bürsten, auch **Metallgraphitbürsten**, Bronze-, Kupfergraphit- und Kupferkohlen genannt, zeichnen sich gegenüber den anderen Gruppen durch größere Belastbarkeit und kleinere Übergangsspannung aus. Sie werden daher auf Schleifringen und auf Kommutatoren von Maschinen geringer Spannung verwendet. Metallgehalt, Aufbau und Eigenschaften der einzelnen Marken sind entsprechend den vielseitigen Verwendungsgebieten sehr verschieden. Auch hier verfügen wir über Marken, die bei geringem Eigenverschleiß die Schleifkörper schonen. — Glimmer zweckmäßig ausschaben.

Der Fortschritt in der Elektrotechnik brachte die Forderung, daß die Bürste als äußerst wichtiger Bestandteil der Maschine ebenso gesicherte Werkstoffeigenschaften besitze wie die anderen Baustoffe. Es ist uns mit allen Mitteln moderner Herstellungs- und Prüftechnik gelungen, dieser schwierigen Aufgabe gerecht zu werden; dadurch sind wir imstande, die Güte unserer Erzeugnisse konstant zu halten.

Zu nachstehenden Tabellen ist zu bemerken, daß es sich bei den durch Messungen festgestellten Zahlen um Mittelwerte handelt. Die Meßergebnisse schwanken um ± 5 bis 20 % für die verschiedenen Werte, wo nicht die Grenzwerte angegeben sind.

Diese Zahlen müssen je nach Art der angewandten Meßmethoden unterschiedlich beurteilt werden. So bekommt man durch Abmessen und Wägen einer Bürste überall den gleichen Wert für ihr spezifisches Gewicht. Dagegen ist z. B. die Bestimmung der Rücksprunghärte nur dann eindeutig, wenn sie nach einer definierten Methode, etwa mit dem Skleroskop nach Shore gemessen wird.

Für die Messung der Übergangsspannung fehlen überhaupt bestimmte Vereinbarungen. Alle Härte- und Ergebnisse der Messung der Übergangsspannung sind daher an die Siemens-Plania-Prüfgeräte gebunden. In der Praxis werden sich naturgemäß um so größere Abweichungen ergeben, je mehr sich die Verhältnisse von unseren Prüfbedingungen entfernen.

Die Werte für übliche Umfangsgeschwindigkeit und Dauerbelastung entsprechen den in langer Zeit gesammelten Erfahrungen. Sie können in besonderen Fällen überschritten werden, ohne daß Schwierigkeiten auftreten. So kann die Dauerbelastung bei Bürsten mit kleinem Querschnitt unbedenklich um 20 bis 30 % höher gewählt werden.

Der normale Bürstendruck beträgt 200 g je cm^2 der Bürstenlauffläche. In besonderen Fällen wird entsprechend den Erfordernissen der Maschinen oder auch der Bürstenmarken hiervon abgewichen. Bei Fahrzeugmotoren und bei Bürsten mit kleinem Querschnitt wird der Druck bis auf 400 g/cm^2 gesteigert. Dagegen ist bei Verwendung von Naturgraphit und Metall enthaltenden Bürsten, besonders wenn es sich um Schrägbürsten handelt, ein Bürstendruck zweckmäßig, der unter 200 g/cm^2 liegt.

1. Kohlebürsten

Lfd. Nr.	Bürstenmarke	Spezielles Gewicht	Skleroskop-Härte Shore	Spez. Widerstand $\frac{\Omega}{mm^2}$	Übergangs-Spannung für + u. - Bürste bei 10A/cm ² und 200 g/cm ² Volt	Übliche Umfanggeschw. bis m/s	Übliche Dauerbelastung bis A/cm ²	Verwendungsgebiete
1	K/III	1,5	70	68	1,5	20	6	Ortsfeste Motoren, Straßen- und Grubenbahnmotoren
2	KG	1,7	62	37	1,6	20	7	Maschinen mittlerer Ansprüche, auch Gleichstrombahnmotoren
3	K 135	1,6	61	42	1,5	20	7	Maschinen höherer Kommutierungsansprüche, auch Wechselstrom-Kommutatormaschinen

2. Graphitbürsten

Lfd. Nr.	Bürstenmarke	Spezifisches Gewicht	Skleroskop-Härte "Shore"	Spez. Widerstand $\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$	Übergangs-Spannung für + u. - Bürste bei 10A/cm ² und 200 f/cm ² Volt	Übliche Umfangsgeschw. bis m/s	Übliche Dauerbelastung bis A/cm ²	Verwendungsgebiete
1	GWS	1,6	43	15-30	1,9	30	8	Mittlere und große Gleichstrommaschinen, auch Kleinmaschinen (Glimmer nicht immer ausgeschabt)
2	G 189	1,4	19	10-20	3,0 *	70	6 *	Stahlringe
3	G 274	1,7	19	10-20	1,5	50	8	Gleichstrommaschinen mit schwieriger Kommutierung
4	H 9 F	1,5	19	20-80	2,2	60	8	Große Gleichstrommaschinen (besonders mit Spitzenströmen), Einanker- und Kaskadenumformer, H 9 F auch für Turboerregter
5	H 7 B	1,5	25	40-100	2,4	40	8	Schwierige Drehstrom-Regelmotoren mit mäßiger spezifischer Bürstenbelastung und empfindlichem Kommutator. Autolichtmaschinen (Glimmer nicht immer ausgeschabt)
6	G 326	1,8	15	100-200	4,4 **	40	7	Schwierige kleine Gleichstrommaschinen mit niedriger spezifischer Bürstenbelastung. Autolichtmaschinen (Glimmer nicht immer ausgeschabt)
7	G 346	1,7	20	150-250	3,8 **	30	5	Schwer kommutierende Kleinmaschinen (Glimmer nicht immer ausgeschabt)
8	G 348	1,5	36	600-800	4,1 **	30	3	

* Auf Stahlring ** Gemessen bei der üblichen Dauerbelastung

3. Elektrographitbürsten (Edelkohlen)

Lfd. Nr.	Bürstenmarke	Spezifisches Gewicht	Skleroskop-Härte ° Shore	Spez. Widerstand $\frac{\Omega}{mm^2 \cdot m}$	Übergangs-Spannung für + u. - Bürste bei 10A/cm ² und 200 g/cm ² Volt	Übliche Umfangsgeschw. bis m/s	Übliche Dauerbelastung bis A/cm ²	Verwendungsgebiete
1	E 149	1,6	53	45	2,8	50	10	<p>Moderne Gleichstrommaschinen mit hohen Kommutierungsansprüchen, schwer beanspruchte Lok- und Triebwagenmotoren (Gleich- und Wechselstrom) vielfach auch Kommutatormotoren (in Einzelfällen bis 65 m/s Umf.-Geschw. bewährt)</p> <p>Verwendung ähnlich wie E 149, E 335 besonders bewährt auf Wechselstrom-Kommutatoren</p> <p>Vorwiegend Gleichstrommaschinen</p> <p>E 151: Hochstrommaschinen E 87: Bei schwierigen mechanischen Verhältnissen E 98: Zugbeleuchtungs- maschinen EKG: Papiermaschinenantriebe</p> <p>Generatoren und Motoren besonders von diesel-elektrischen Triebwagen</p> <p>Gleichstrombahnmotoren</p> <p>Schleifringe aller Art, besonders Stahlringe</p>
2	E 149 M	1,6	60	42	2,7	50	10	
3	E 337	1,6	45	65	2,5	50	10	
4	E 337 M	1,65	50	45	2,5	40	10	
5	E 337 F	1,7	55	42	2,4	50	10	
6	E 335	1,54	58	50	2,4	50	10	
7	E 151	1,7	43	28	2,3	50	10	
8	E 87	1,6	38	27	2,8	50	10	
9	E 98	1,6	38	25	2,7	40	10	
10	EKG	1,7	45	36	2,3	50	10	
11	E 278	1,77	70	35	2,6	40	10	
12	E 314 S	1,8	68	35	2,9	40	10	
13	E 22	1,4	23	13	2,7	70	10*	

* Auf Stahlringen bis 6 A/cm²

4. Metall enthaltende Bürsten

Lfd. Nr.	Bürstenmarke	Spezifisches Gewicht	Skleroskop-Härte Shore	Spez. Widerstand $\frac{\Omega}{\text{mm}^2}$	Übergangs-Spannung für + u. - Bürste bei 10 A/cm ² und 200 g/cm ² Volt	Übliche Umfangsgeschw. bis m/s	Übliche Dauerbelastung bis A/cm ²	Verwendungsgebiete
1	M 599	4,8	9	0,10	0,45	40	16}	{ M 510 für normale Asynchronmotoren { M 570 für moderne Einankerumformer Empfindliche Ringe, M 594 auch für Lichtanlaufmaschinen Niederspannungsmaschinen bis etwa 12 Volt mit hoher Bürstenbelastung Niederspannungsmaschinen von 6--15 Volt Mittelspannungsgeneratoren von etwa 15--40 Volt Gleichstrommaschinen bis etwa 100 Volt (auch statt Kupfergewebebürsten) Fahrradlichtdynamos und andere Kleinmaschinen
2	M 510	5,3	11	0,08	0,50	40	14}	
3	M 578	4,8	12	0,09	0,40	40	14}	
4	M 570	4,9	14	0,09	0,40	40	14}	
5	M 584	4,4	12	0,16	0,80	40	12}	
6	M 594	3,8	15	0,20	1,00	40	12}	
7	M 603	5,1	9	0,08	0,38	20	18	
8	M 601	4,0	13	0,20	0,30	40	15	
9	M 594 E	3,7	13	0,32	1,20	40	12	
10	M 604	2,7	26	13,00	1,50	40	12	
11	M 549	2,3	33	14,00	1,60	40	10	
Toleranzen		± 5 %	± 20 %	± 20 %	± 15 %			

III. Normen der Bürstenabmaße

Bürsten für Kommutatoren und Schleifringe

(nach DIN VDE 2900 Bl. 1)

Maße in mm für Kommutatoren und für Schleifringe

Länge l = Abmessung der Bürste in Richtung der Achse

Breite b = Abmessung der Bürste in Richtung des Umfanges

Höhe h = Abmessung der Bürste in Richtung des Durchmessers

Länge l gleich oder größer als Breite b: vorwiegend Kommutatorbürste

Länge l kleiner als Breite b: vorwiegend Schleifringbürste

(Vgl. Abb. auf S. 68)

Bezeichnung einer Bürste von Länge l = 10 mm, Breite b = 8 mm und Höhe h = 25 mm:

Bürste 10 × 8 × 25 VDE 2900

Lfd. Nr.	Länge l (mm)	Breite b (mm)	Schleiffläche l × b (cm ²)	Höhe h (mm)			
1	6,4	5	0,32	16	oberes Abmaß		
2	6,4	6,4	0,41	16	— 0,2	— 0,1	— 0,15
3	6,4	16	1,02	16			
4	8	16	1,28	32	unteres Abmaß		
5	8	20	1,6	20	— 0,35	— 0,2	— 0,3
6	8	20	1,6	25			
7	8	25	2	20	Toleranz		
8	10	5	0,5	20	0,15	0,1	0,15
9	10	5	0,5	25			
10	10	6,4	0,64	20			
11	10	8	0,8	20			
12	10	8	0,8	25			
13	10	10	1	20			
14	10	10	1	25			
15	10	12,5	1,25	25			
16	10	16	1,6	25			
17	10	25	2,5	25			
18	10	25	2,5	32			
19	10	25	2,5	40			
20	12,5	6,4	0,8	32			
21	12,5	8	1	32			
22	12,5	8	1	40			
23	12,5	10	1,25	32			
24	12,5	10	1,25	40			
25	12,5	16	2	25			
26	12,5	16	2	32			
27	12,5	16	2	40			
28	12,5	20	2,5	40			
29	12,5	25	3,12	40			
30	12,5	32	4	32			

Lfd. Nr.	Länge l (mm)	Breite b (mm)	Schleiffläche l × b (cm ²)	Höhe h (mm)	
31	12,5	40	5	40	oberes Abmaß
32	16	6,4	1,02	16	— 0,2 — 0,1 — 0,15
33	16	6,4	1,02	25	
34	16	6,4	1,02	32	unteres Abmaß
35	16	8	1,28	16	— 0,35 — 0,2 — 0,3
36	16	8	1,28	25	
37	16	10	1,6	25	Toleranz
38	16	10	1,6	32	0,15 0,1 0,15
39	16	12,5	2	25	
40	16	12,5	2	40	
41	16	16	2,56	25	
42	16	16	2,56	32	
43	16	32	5,12	32	
44	16	40	6,4	40	
45	16	40	6,4	50	
46	20	5	1	32	
47	20	8	1,6	20	
48	20	8	1,6	32	
49	20	10	2	20	
50	20	10	2	32	
51	20	10	2	50	
52	20	12,5	2,5	32	
53	20	12,5	2,5	40	
54	20	16	3,2	16	
56	20	16	3,2	32	
57	20	16	3,2	50	
58	20	20	4	32	
59	20	20	4	50	
60	20	25	5	50	
61	20	32	6,4	32	
62	20	40	8	40	
63	20	40	8	50	
64	25	8	2	25	
65	25	8	2	32	
66	25	8	2	40	
67	25	8	2	64	
68	25	10	2,5	25	
69	25	10	2,5	32	
70	25	10	2,5	40	
71	25	10	2,5	64	
72	25	12,5	3,12	25	
73	25	12,5	3,12	40	
74	25	12,5	3,12	64	
75	25	16	4	40	
76	25	16	4	64	
77	25	20	5	40	
78	25	20	5	50	
79	25	20	5	64	
80	25	25	6,25	40	

Lfd. Nr.	Länge l (mm)	Breite b (mm)	Schleiffläche l × b (cm ²)	Höhe h (mm)			
81	25	25	6,25	64	oberes Abmaß		
82	25	50	12,5	40	— 0,2	— 0,1	— 0,15
83	25	50	12,5	50			
84	32	5	1,6	32	unteres Abmaß		
85	32	6,4	2,04	40	— 0,35	— 0,2	— 0,3
86	32	8	2,56	32			
87	32	8	2,56	40	Toleranz		
88	32	8	2,56	64	0,15	0,1	0,15
89	32	10	3,2	32			
90	32	10	3,2	40			
91	32	10	3,2	50			
92	32	10	3,2	64			
93	32	12,5	4	25			
94	32	12,5	4	32			
95	32	12,5	4	40			
96	32	12,5	4	50			
97	32	12,5	4	64			
98	32	16	5,12	32			
99	32	16	5,12	40			
100	32	16	5,12	50			
101	32	16	5,12	64			
102	32	20	6,4	25			
103	32	20	6,4	50			
104	32	20	6,4	64			
105	32	25	8	25			
106	32	25	8	50			
107	32	40	12,8	50			
108	32	50	16	50			
109	40	5	2	32			
110	40	8	3,2	40			
111	40	10	4	40			
112	40	10	4	50			
113	40	10	4	64			
114	40	12,5	5	40			
115	40	12,5	5	64			
116	40	16	6,4	40			
117	40	16	6,4	50			
118	40	16	6,4	64			
119	40	20	8	40			
120	40	20	8	50			
121	40	20	8	64			
122	40	25	10	50			
123	40	25	10	64			
124	40	32	12,8	64			
125	50	12,5	6,25	50			
126	50	12,5	6,25	64			
127	50	12,5	6,25	80			

Abgeschrägte Bürsten

Kopfschräge 15°, Laufschräge 30°

Lfd. Nr.	Länge	Breite	Höhe	Anmerkungen
1	25	10	40	Die Toleranzen sind anschließend in einer gesonderten Tabelle angeführt
2	25	12,5	40	
3	25	16	40	
4	25	20	40	

Bürsten für Bahnmaschinen (nach DIN 43 020)

Lfd. Nr.	Länge	Breite	Höhe	Schleiffläche l × b in cm ²	Anmerkungen
1	16	8	32	1,28	Die Toleranzen sind anschließend in einer gesonderten Tabelle angeführt
2	16	10	32	1,6	
3	20	8	32	1,6	
4	20	10	32	2,0	
5	20	12,5	32	2,5	
6	20	16	32	3,2	
7	25	8	40	2,0	
8	25	10	40	2,5	
9	25	12,5	40	3,12	
10	25	16	40	4,0	
11	25	20	40	5,0	
12	32	8	40 u. 50	2,56	
13	32	10	40 u. 50	3,2	
14	32	12,5	40 u. 50	4,0	
15	32	16	40 u. 50	5,12	
16	32	20	40 u. 50	6,4	
17	32	25	40 u. 50	8,0	
18	40	8	50	3,2	
19	40	10	50	4,0	
20	40	12,5	50	5,0	
21	40	16	50	6,4	
22	40	20	50	8,0	
23	40	25	50	10,0	
24	45	10	50	4,5	
25	45	12,5	50	5,63	
26	45	16	50	7,2	
27	45	20	50	9,0	
28	45	25	50	11,25	
29	50	10	50	5,0	
30	50	12,5	50	6,25	
31	50	16	50	8,0	
32	50	20	50	10,0	

Toleranzen der genormten Bürstenabmaße
Bürsten mit Lauf- und Kopfschräge

Lfd. Nr.	Nennmaß Länge oder Breite mm	Bürste metallfrei			Bürste metallhaltig		
		Größt- maß mm	Kleinst- maß mm	Tole- ranz mm	Größt- maß mm	Kleinst- maß mm	Tole- ranz mm
1	10	9,96	9,87	0,09	9,96	9,87	0,09
2	12,5	12,45	12,34	0,11	12,35	12,24	0,11
3	16	15,95	15,84	0,11	15,85	15,74	0,11
4	20	19,93	19,80	0,13	19,84	19,71	0,13
5	25	24,93	24,80	0,13	24,84	24,71	0,13

Bahnbürsten (nach DIN 43 020)

6	8 u. 10	- 0,04	- 0,13	0,09
7	12,5 u. 16	- 0,05	- 0,16	0,11
8	20 u. 25	- 0,07	- 0,20	0,13
9	32 bis 50	- 0,08	- 0,24	0,16

IV. Bürstenarmaturen

Kohlebürsten, wie sie zur Stromübertragung bei elektrischen Maschinen Anwendung finden, sind nicht nur in ihren stofflichen Eigenschaften, sondern auch in der Ausführung ihrer Anschlußteile, allgemein Armaturen genannt, sehr verschieden. Die vorliegende Liste, in der die mannigfaltigen Arten solcher Armaturen aufgeführt sind, soll ein Hilfsmittel zur Klärung der Bestellung und des Schriftverkehrs sein. Die Abbildungen sind, soweit nicht anders vermerkt, im Maßstab 1 : 2 wiedergegeben, aber nur für die Art der Ausführung, nicht für die Größe maßgebend.

Die Armatur der Bürste

Der Anschluß der Kohlebürste geschieht in der Regel mit Hilfe von Kupferlitzen, seltener auch Kupferbändern oder Folien, die einerseits mit dem Kopf der Bürste verbunden sind und andererseits an ihrem freien Ende Kabelschuhe, Stecker, Kontaktplatten und andere Anschlußmittel tragen. Die Gesamtheit dieser Teile führt mit allen auf den Bildern gezeigten Einzelheiten die Bezeichnung „Armatur“ und wird durch die betreffende Armatur-Nummer gekennzeichnet.

Von einer guten Bürstenarmatur ist neben genügender Festigkeit eine möglichst verlustreiche Stromführung zu fordern, da sämtliche an den Verbindungsstellen auftretenden Verluste sich in Wärme umsetzen und unzulässige Erwärmung der Bürsten und somit auch der Kommutatoren oder Schleifringe zur Folge haben können. Ferner muß die Summe der

Widerstände jeder Bürstenarmatur gleich groß sein, wenn bei parallel laufenden Bürsten eine ungleiche Stromaufnahme und die Überlastung einzelner Bürsten vermieden werden soll.

Die verschiedenen Arten der Armatur.

Eine besondere Bedeutung kommt dem Anschluß der Kupferlitze an die Bürste selbst zu. Die Verbindung kann durch Klemmen (Aufsteckbügel, Stecker), Verschrauben, Vernieten, Verlöten oder Einstampfen der Litze in das Bürstenmaterial erfolgen. Welche dieser Anschlußarten im einzelnen zu wählen ist, wird teils durch die Ausführung des Bürstenhalters, der die Bürste aufnimmt und führt, bestimmt, teils richtet sie sich auch nach der Größe und dem Stoff der Bürste. Unter Umständen ist die Wahl der Armatur auch von den Betriebsverhältnissen abhängig, z. B. bei Maschinen, die mit starken Erschütterungen laufen.

1. Die **Stampfverbindung** ist dank ihrer Einfachheit und besonderer Vorzüge die verbreitetste und zeitgemäßeste Bürstenverbindung. Die Litze ist hier im Kopf der Bürste in ein Bohrloch eingesetzt (Bild 1), das nachträglich mit Metallpulver und entsprechenden Zusätzen gefüllt

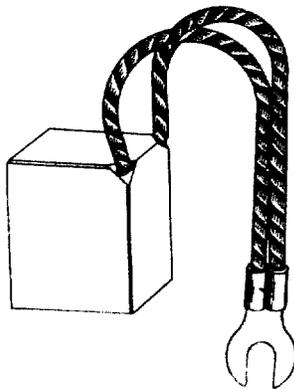


Bild 1. Stampfverbindung

und zugestampft wird. Diese Verbindung bietet einen sicheren Kontakt zwischen Bürste und Litze und hat sich, zum Beispiel auf elektrischen Vollbahn-Lokomotiven, gut bewährt. Überhaupt ist die Stampfverbindung unter mechanisch schwierigen Verhältnissen und bei erschütterungsreichem Betrieb besonders zweckmäßig.

2. Die **Lötverbindung** stellt einen zuverlässigen Lützenanschluß dar bei Bürsten, die nur kleine Ströme führen und daher nur niedrige Temperaturen erreichen. Sie ist die bei Kleinstmaschinen, die nur mit

wenig Bürsten ausgerüstet sind, vorwiegend verwendete Anschlußart, wobei die Litze meist in ein Bohrloch mit verkupferter Wandung eingelötet ist (Bild 2). Bei größeren Bürsten wird sie meist auch in Verbindung mit angelöteten Kopfblechen ausgeführt (Bild 3).

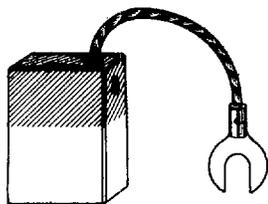


Bild 2. Lötverbindung

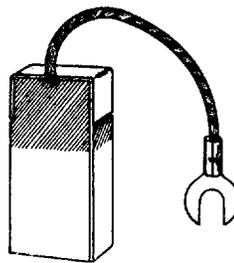


Bild 3. Lötverbindung

3. Die **Nietverbindung** ist eine viel verwendete Anschlußart. In letzter Zeit wird sie jedoch häufig durch die vorteilhaftere Stampfverbindung ersetzt. Diese Nietverbindung eignet sich für das Gesamtgebiet, so auch für die größten Hochstrommaschinen. Bei der einfachen Ausführung sind die Litzen durch einen Hohniet direkt mit der Bürste verbunden

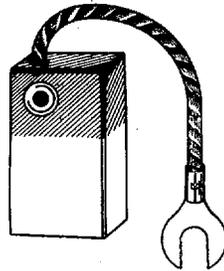


Bild 4. Nietverbindung

(Bild 4), bei größeren Bürsten werden, mit Hilfe eines oder mehrerer Hohniete, Anschlußbleche oder Metallplatten, die ihrerseits mit den Litzen verbunden sind, an dem Bürstenkopf befestigt. In der Regel sind diese Kopfbleche mit dem verkupferten Bürstenkopf verlötet, um einen möglichst innigen Kontakt zu erreichen.

4. Die **Klemmverbindung**, meist in der Form von federnden Aufsteckbügeln (Bild 5), wird heute noch zahlreich bei älteren Maschinen und solchen mit geringer Leistung angewendet. Da die Federwirkung der Bügel mit der Zeit nachläßt und infolgedessen die Bügel bisweilen ausglühen, bietet die Klemmverbindung nicht immer volle Gewähr für einen sicheren Stromübergang. Bei neuzeitlichen Bürstenhalterausfüh-

rungen wird die fest mit der Litze verbundene Bürste vorgezogen. Es empfiehlt sich, überall, wo es der Bürstenhalter zuläßt, zu Bürsten mit der verlässlicheren Stampfverbindung überzugehen. Der Vorzug der

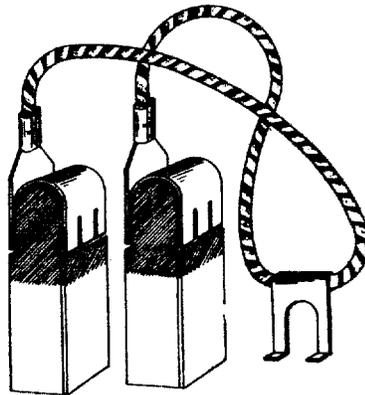


Bild 5. Klemmverbindung

Klemmverbindung, eine wiederholte Verwendung der Armatur zu ermöglichen, ist nur ein scheinbarer, denn in der Regel sind die Anschlußlitzen nach Aufbrauch der ersten Bürsten ebenfalls verschlissen.

5. Die **Schraubverbindung**, oft unter Zuhilfenahme von Blechbügeln (Bild 6), ist in ihrer Art der Klemmverbindung ähnlich. Da sich an den Anschlußblechen mit der Zeit Oxydschichten bilden, ist der Kontakt nicht immer zuverlässig. Zweckmäßig wird auch an ihrer Stelle eine andere sicherere Verbindungsart verwendet.

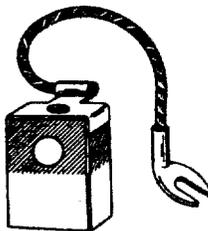


Bild 6. Schraubverbindung

Verkupferung

Um einen guten Kontakt zwischen der Bürste und den Anschlußteilen zu erreichen, werden die Anschlußstellen am Kopf der Bürste oder auch der ganze Bürstenkopf meist galvanisch verkupfert. Für Lötverbindungen jeder Art ist die Verkupferung Vorbedingung. In den Abbildungen wird sie durch Schraffur angedeutet.

Kopfbleche

Hierunter sind sämtliche Blechteile zu verstehen, die am Kopf der Bürste entweder zum Schutz der Kopffläche oder zum Anschluß von Litzen oder Bändern befestigt sind. Bei den meisten Bürstenhalterausführungen wird der Druck auf die Bürste durch einen Druckfinger ausgeübt, der sich bei Erschütterungen leicht in den Bürstenkopf einarbeiten und so zum Klemmen der Bürste im Halterkasten führen kann. Daher werden, besonders bei weichen Bürsten, zum Schutz des Kopfes Bleche in Form von Metallkappen, Bügeln oder Deckplatten vorgesehen. Bei härteren Bürstensorten wird man einen besonderen Schutz in vielen Fällen entbehren können. Hier besteht noch die Möglichkeit, die Kopffläche der ungeschützten Bürste durch besondere Mittel zu härten. Diese Schutzart wird vorwiegend bei Stampfverbindungen gewählt und hat den Vorzug, daß zusätzliche mitschwingende Massen am Bürstenkopf vermieden werden.

Kabelschuhe, Stecker und andere Anschlußmittel

Die Form der Kabelschuhe und sonstiger Anschlußmittel ist meist durch die Ausführung des Bürstenhalters bestimmt und daher sehr mannigfaltig. In der vorliegenden Liste sind die Armaturen mit dem jeweils üblichen Anschluß abgebildet. Wird ein anderer Schuh oder Stecker gewünscht, empfiehlt es sich, bei der Bestellung Muster einzuschicken.

Isolierte und verzinnte Litzen

Zum Zwecke des Berührungsschutzes werden Bürstenlitzen in Sonderfällen isoliert. Als Isolationsmittel sind gebräuchlich: Glasperlen, Lackschläuche, die zur Erhöhung der Biegsamkeit in Form einer Schraubenslinie aufgeschnitten sind, oder Glanzgarnschläuche (Zwirnisation), ähnlich einer Umklöpfung.

Sind Litzen chemischen Einflüssen ausgesetzt, wie es in feuchten Räumen, chemischen Anlagen, Maschinenräumen mit verunreinigter Luft (Gichtgas, Gas, Ammoniak, Chlor) und ähnlichen Betrieben vorkommt, so können verzinnte Litzen geliefert werden. Sie bestehen aus verzinnten Einzeldrähten, die miteinander versiebt sind.

Länge der Zuleitung

Litzen, Kupferbänder oder -blätter werden, wenn nicht anders vorge-schrieben, in der gebräuchlichen Länge ausgeführt. Werden bestimmte Längen gewünscht, so muß das Maß besonders angegeben werden. Das geschieht am besten an Hand einer Zeichnung, aus der zu ersehen ist, wie der Besteller die Länge der Zuleitung mißt. Noch besser wäre die Einsendung eines entsprechenden Musters.

Aufbau der Armaturnummern

Ziffer 1	Ziffer 2	Ziffer 3	Ziffer 4 und 5	Zusätze
Ohne Kopfblech ¹⁾	Anzahl der Litzen je Bürste	Klemmverbindung (Aufgesteckte oder aufgeschobene Bügel, Stecker)	Kennzahlen von 1—99 zur Unterscheidung besonderer Einzelheiten wie: Form und Größe der Kopfbleche, verschiedene Lage der Litzenaustrittsstelle u. a. m.	Buchstaben: Isolation durch Perlen Lack-Schlauch S Glanzgarnschlauch (Zwirn) Z Verzinnte Litzen V
3 Einzel-Armatur ²⁾	0	0 Bügel, Stecker)		Ziffern hinter einem Schrägstrich dienen zur Bezeichnung von Type und Abmessungen der Kabelschuhe, wo bei Winkelschuhe durch Hinzufügen des Buchstaben B angegeben werden
6 Paarige Armatur ²⁾	1 2 3 4 6 8	1 Schraubverbindung		
Mit Kopfblech¹⁾	Geflochtenes Litzenband	2 Lötverbindung (direkt eingelötete Litzen oder aufgelötete Bügel)		
4 Einzel-Armatur ²⁾	7	3 Nietverbindung (Litze mit Niet befestigt oder angeschloßene Anschlußbleche)		
8 Paarige Armatur ²⁾	9 Band aus Kupferfolien	4 Stampfverbindung (Litze in die Bürste eingestampft)		

Beispiel für den Aufbau der Armaturnummern

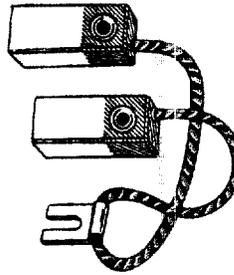


Bild 7. Armatur 6130

- 6 = paarige Bürstenarmatur ohne Kopfblech
- 1 = mit einer Litze je Bürste
- 3 = Nietverbindung
- 0 = Kennzahl für Einzelheiten der Ausführung

¹⁾ Unter Kopfblechen sind sämtliche Blechteile zu verstehen, die am Kopf der Bürste entweder zum Schutz der Kopf-
fläche oder zum Anschluß der Litzen oder Bänder angebracht sind.
²⁾ Einzelarmatur im Gegensatz zur paarigen Armatur, bei welcher 2 Bürsten mit Litzen an einem Kabelschuh befestigt sind.

Armaturen ohne Kopfblech mit eingestampfter Litze

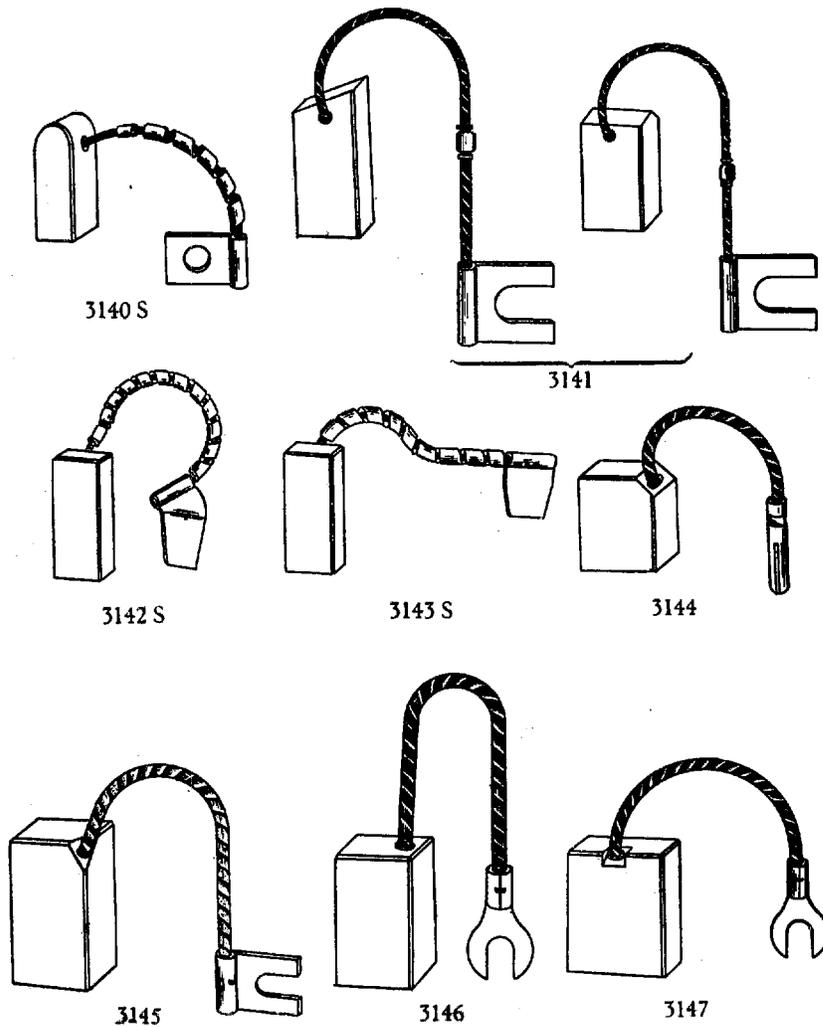


Bild 8

Armaturen ohne Kopfblech mit eingestampften Litzen

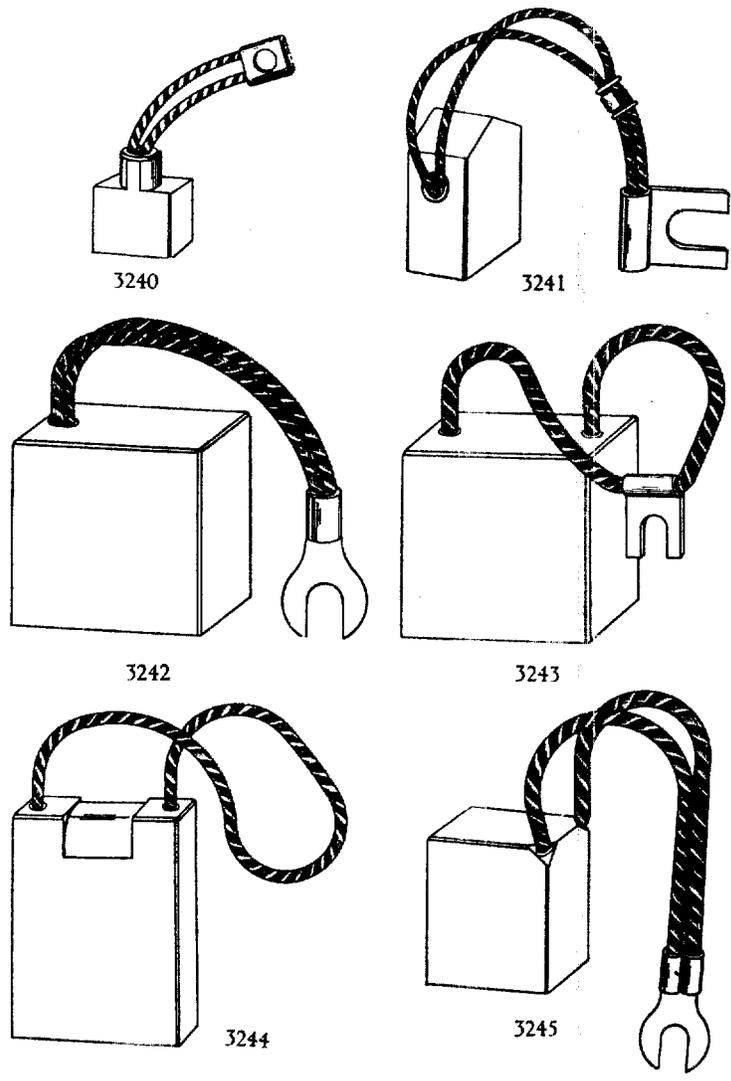


Bild 9

Armaturen ohne Kopfblech mit eingestampften Litzen

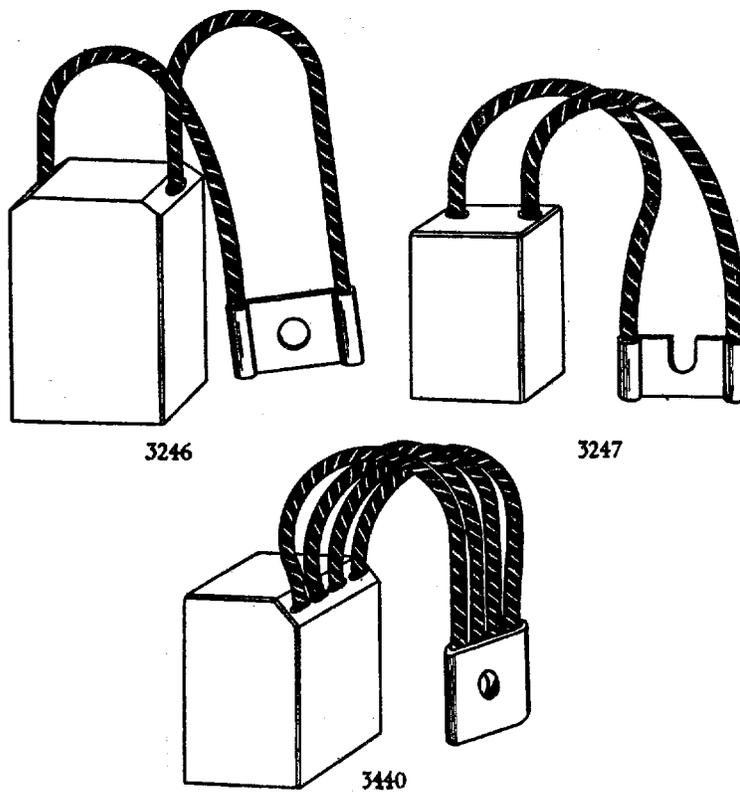


Bild 10

Armaturen ohne Kopfblech mit eingelöteter Litze, mit Feder

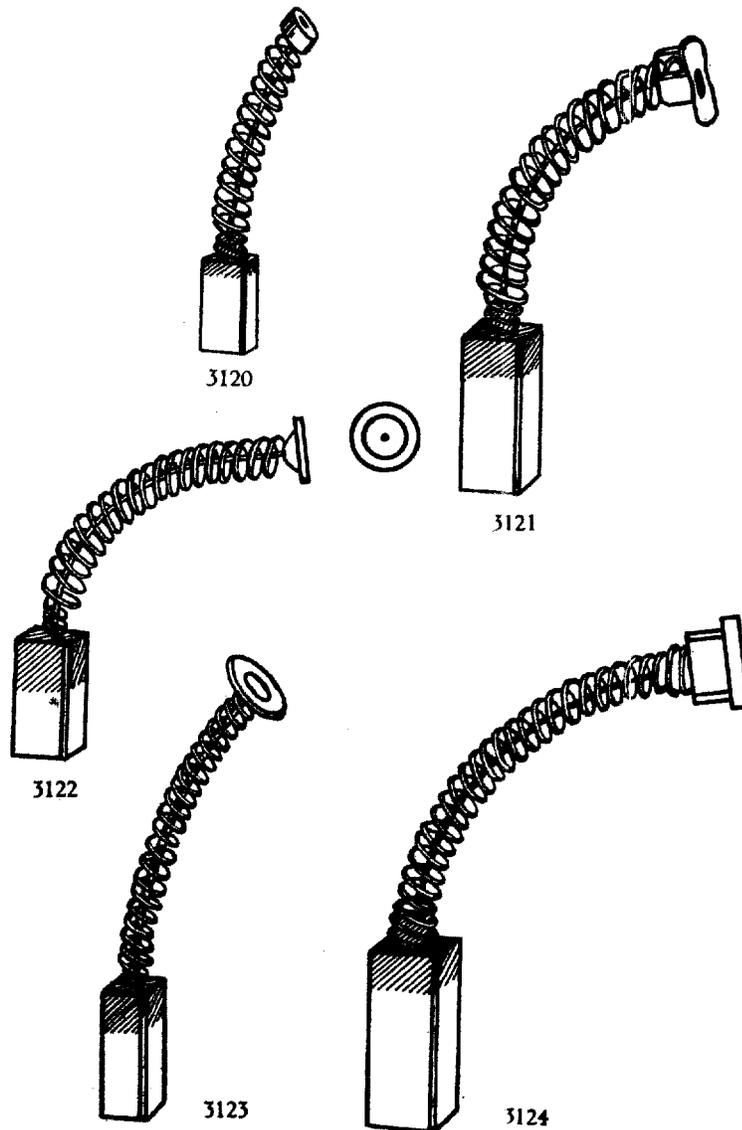


Bild 11

Armaturen ohne Kopfblech mit eingelöteten Litzen

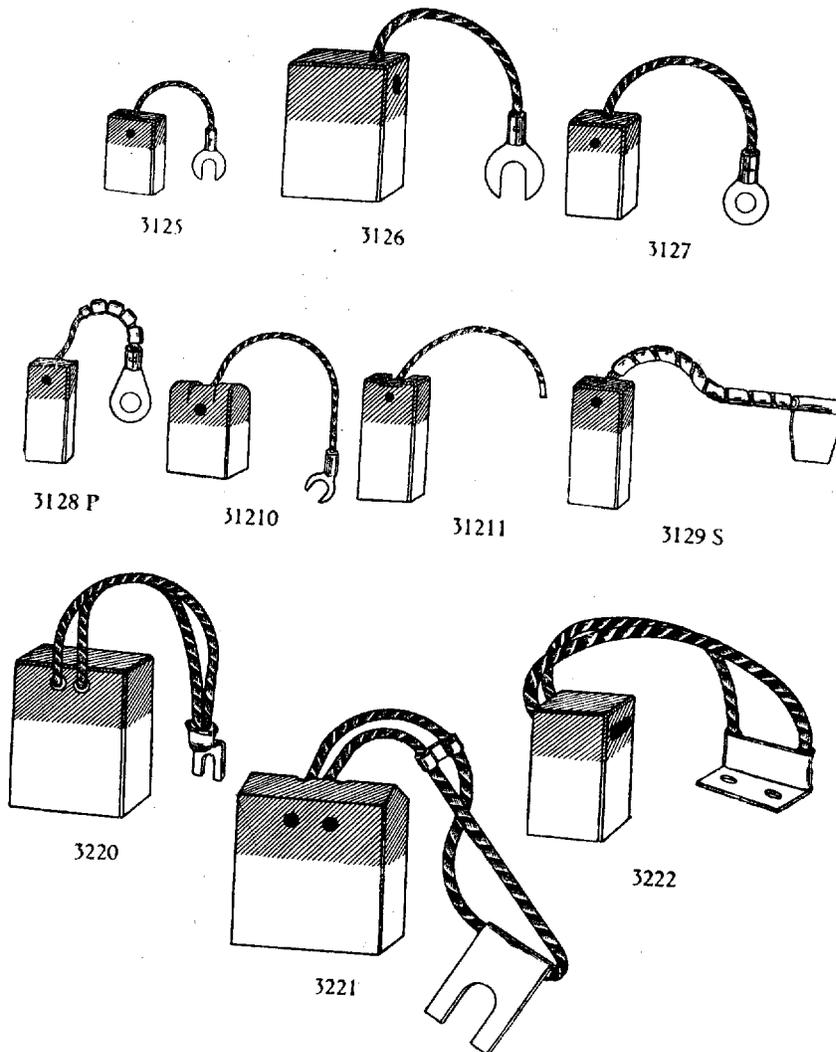
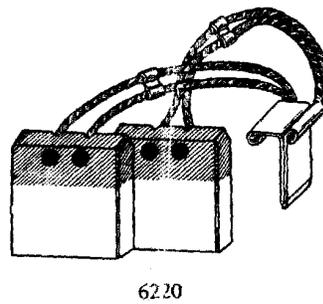
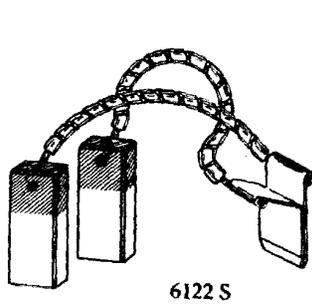
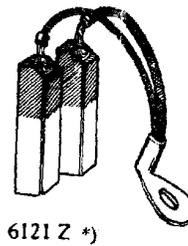
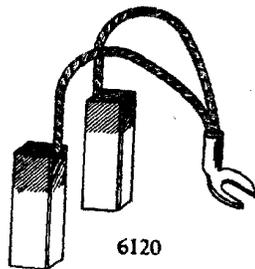
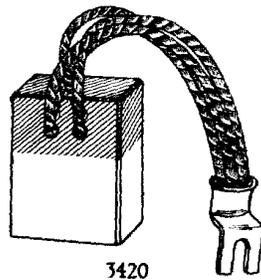


Bild 12

**Armaturen ohne Kopfblech mit eingelöteten Litzen,
zum Teil paarweise verbunden**



*) Maßstab 1 : 1

Bild 13

Armaturen mit angelötetem Kopfblech und eingelöteter Litze

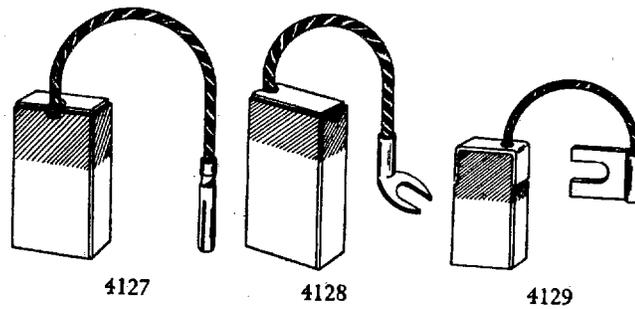
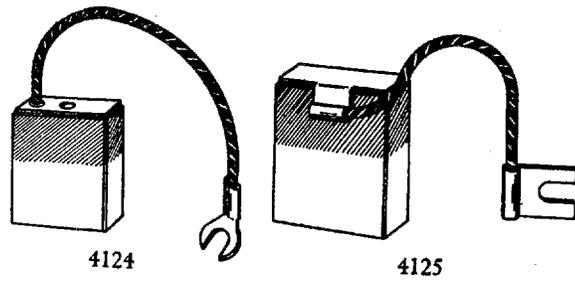
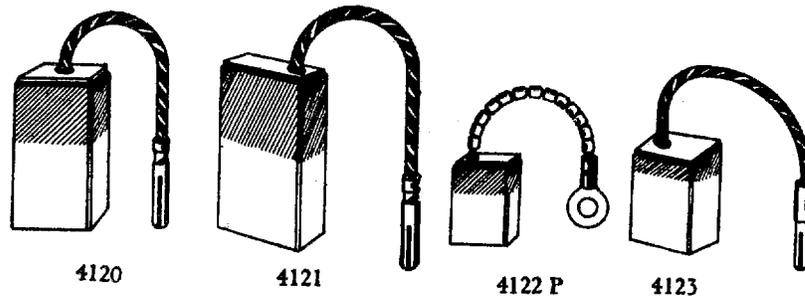


Bild 14

Armaturen mit angelötetem Kopfblech und eingelöteter Litze

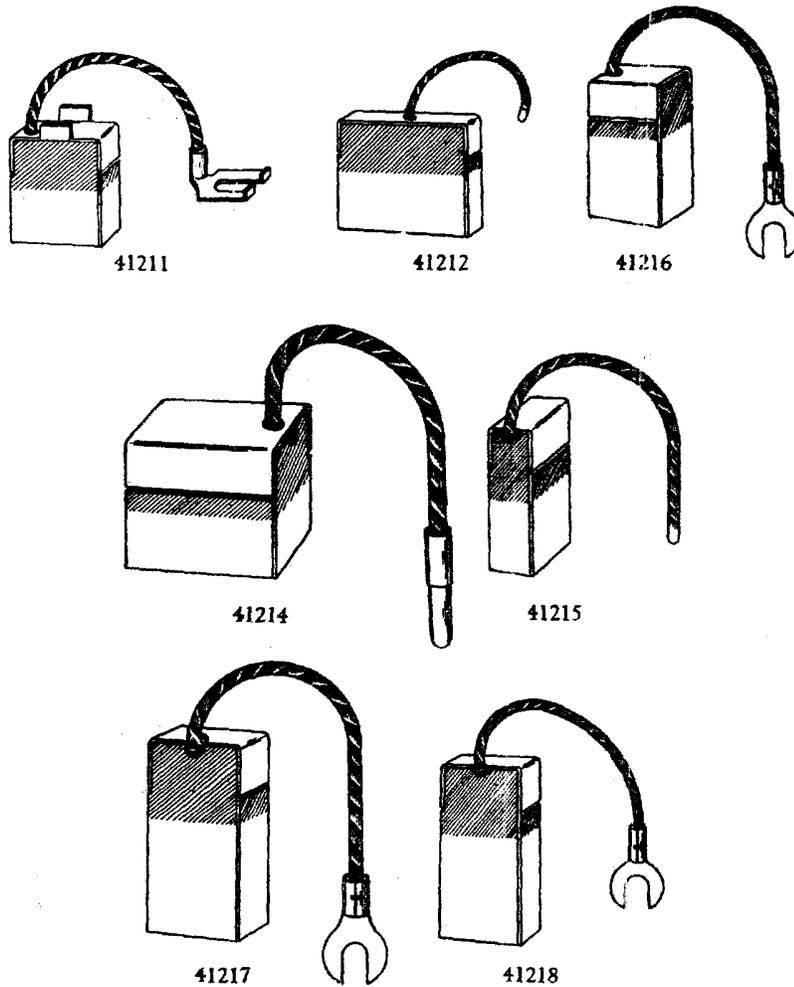


Bild 15

Armaturen ohne Kopfblech mit eingieteteter Litze

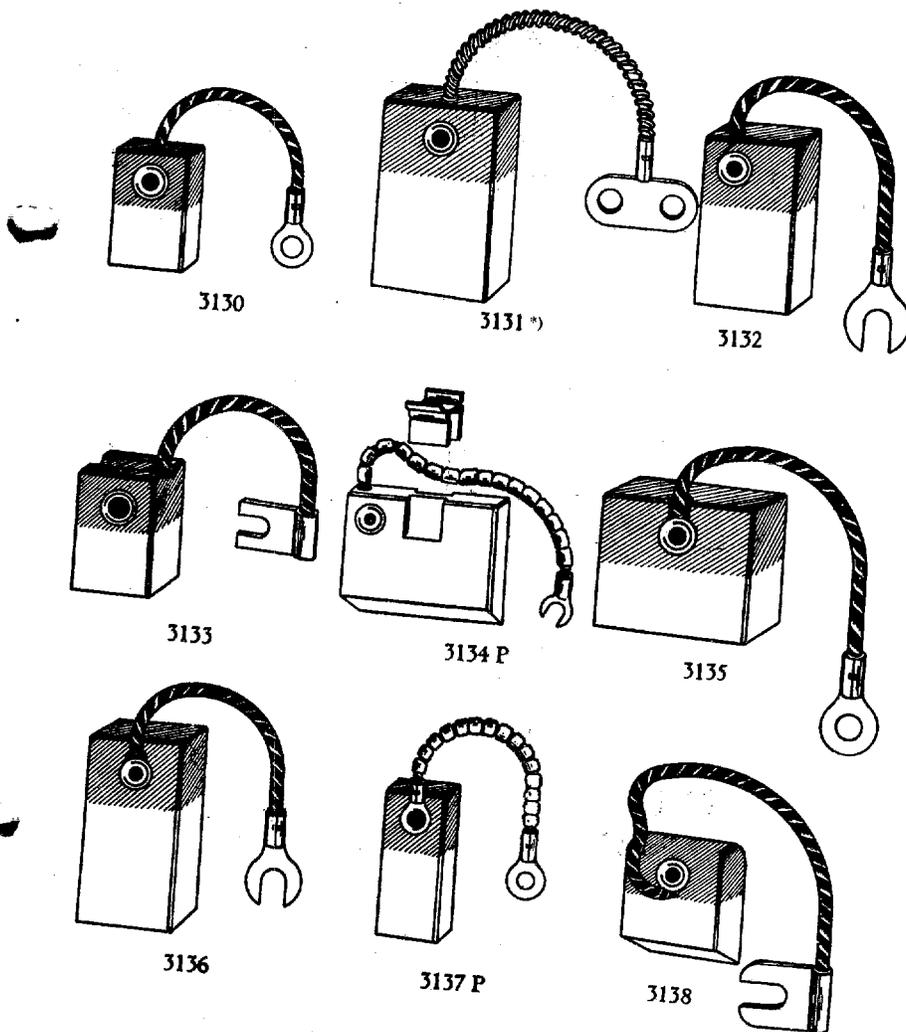


Bild 16

*) Litze mit Draht-Schlauchfeder

Armaturen ohne Kopfblech mit eingenieteten Litzen

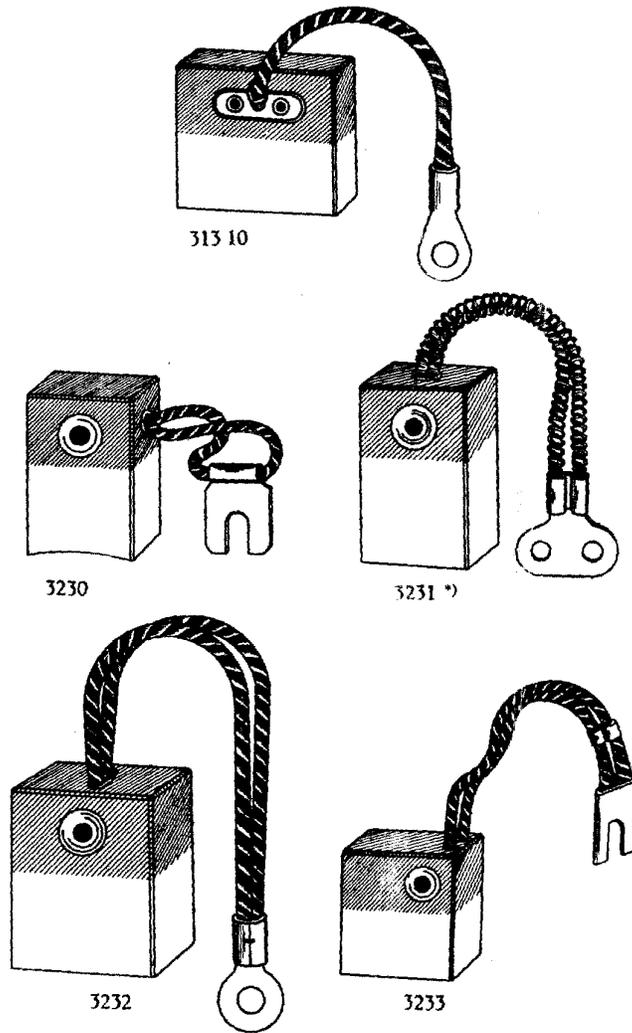
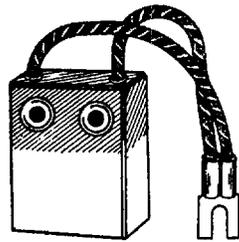


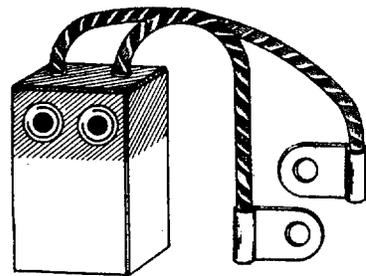
Bild 17

*) Litze mit Draht-Schlauchfeder

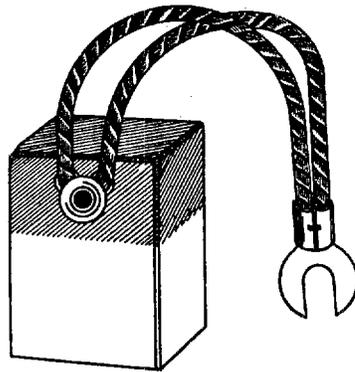
Armaturen ohne Kopfblech mit eingewinkelten Litzen



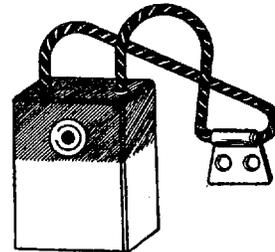
3234



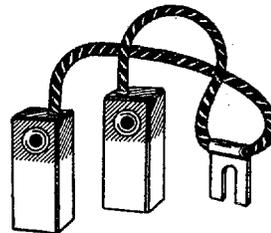
3235



3236



3237



6130

Bild 18

Armaturen mit angenietetem Kopfblech mit Litzen

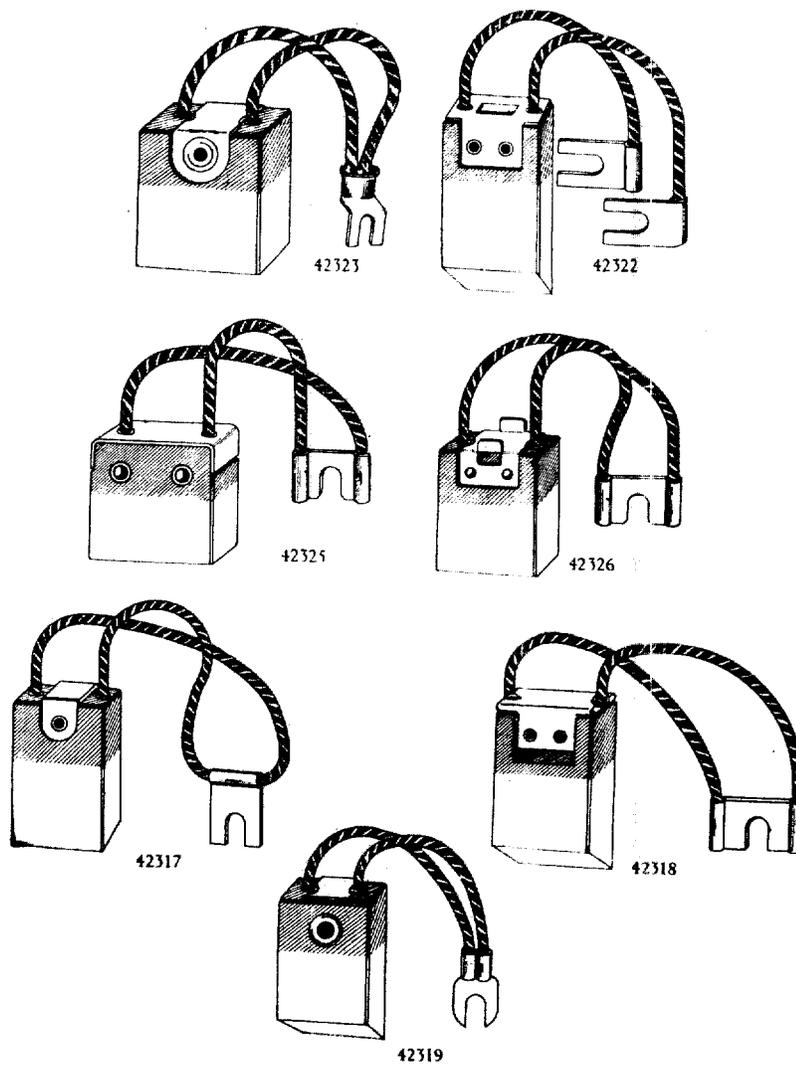
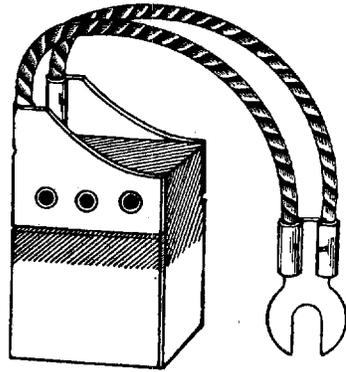
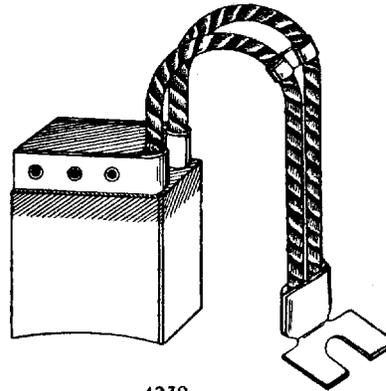


Bild 19

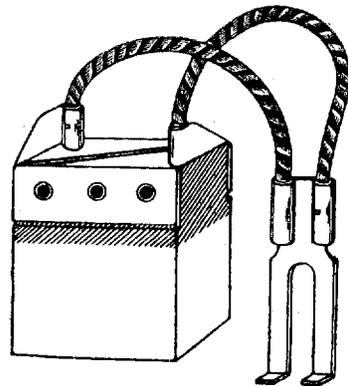
Armaturen mit angenieteten Kopfblechen
mit Litzen oder Kupferbändern



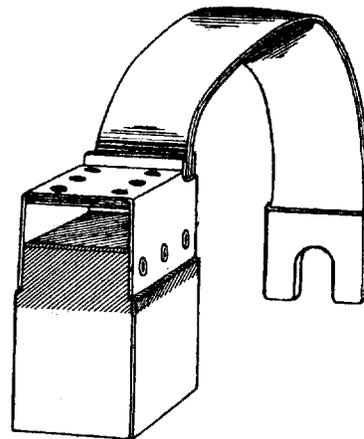
4238



4239



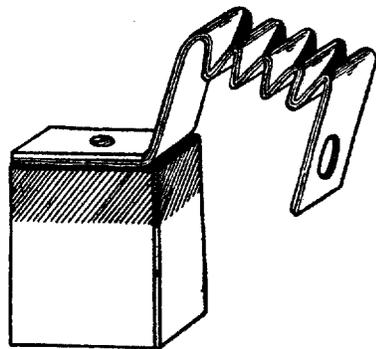
42332



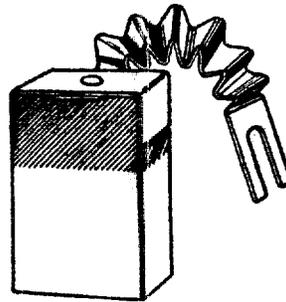
4930

Bild 20

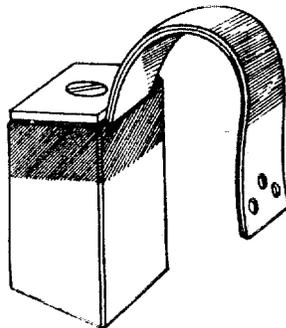
Armaturen mit angelötetem Kopfblech
mit Litzen oder Kupferbändern



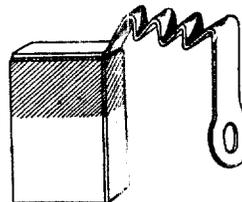
4921



4922



4923



4920

Bild 21

Armaturen ohne Litzen oder Bänder

Lötverbindung



4021

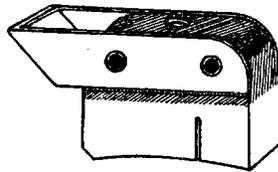


4022

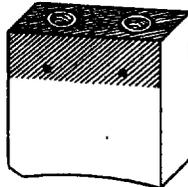


4023

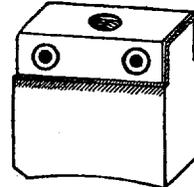
Nietverbindung



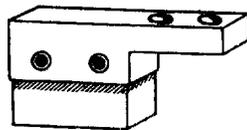
4031



4032



4033 ¹⁾



4034



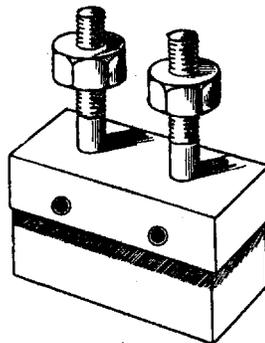
4035



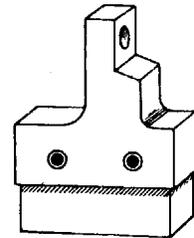
4036



4037



4038



4039

¹⁾ Maßstab 1 : 1

Bild 22

Kabelschuhe

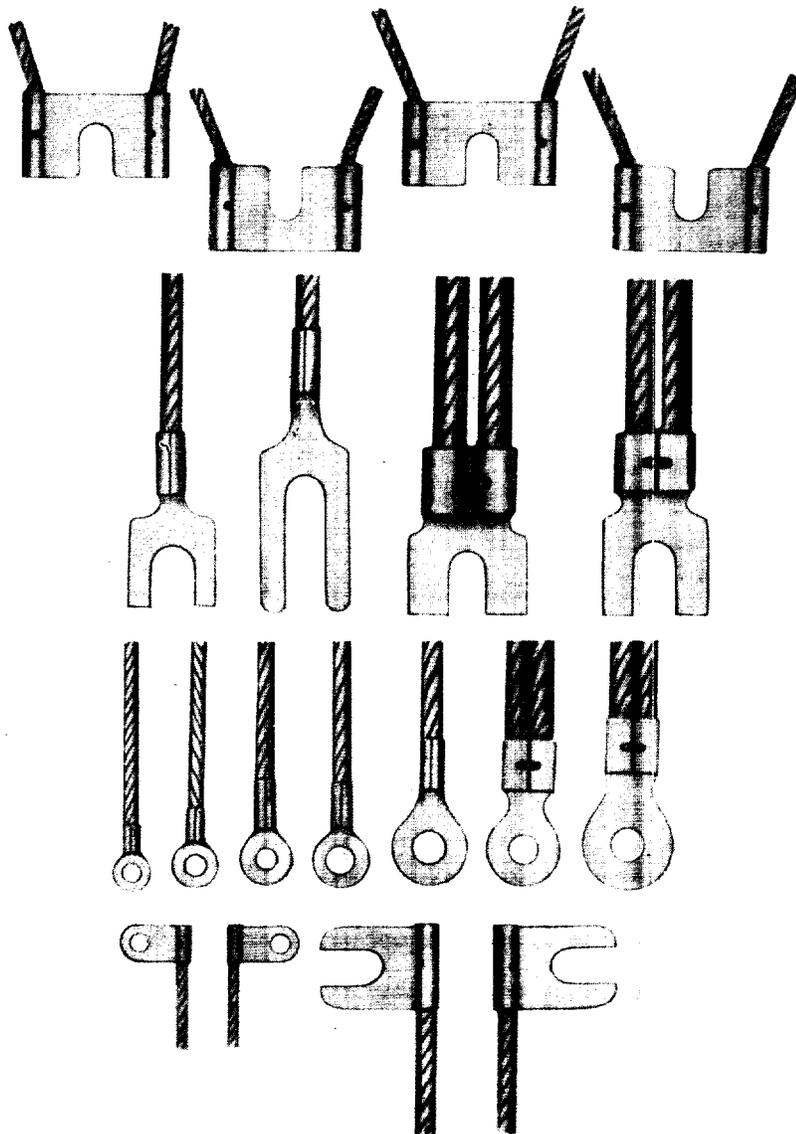


Bild 23

V. Anweisungen zum Gebrauch von Kohlebürsten

Die Verwendung der verschiedenen Bürstensorten

Aus den Ausführungen des ersten Teils werden schon eine Menge Richtlinien für die Verwendung der einzelnen Sorten gewonnen. Natürlich gibt es in jeder der genannten Markengruppen eine Anzahl besonderer Sorten verschiedener Eignung; man wird deshalb eine Wahl stets an Hand der Markenlisten vornehmen.

1. Die Voraussetzungen bei der Maschine und ihrem Betrieb

Die Bürsten können ihre Aufgabe nur dann einwandfrei erfüllen, wenn auf seiten der Maschine alle Voraussetzungen voll erfüllt sind. Diese werden daher hier kurz aufgeführt.

Kommutator oder Ringe müssen betriebstauglich sein, das heißt, das Metall soll nicht zu weich und frei von Lunkern oder Einschlüssen sein; Messing ist wenig geeignet und wird vermieden.

Die Schleifkörper oder ihre Träger (Anker) müssen — besonders für hohe Drehzahl — gut ausgewuchtet sein, so daß nicht aus Mängeln dieser Art Schwingungen an den Bürsten entstehen. Die Schleifkörper müssen genau rund sein und ohne Schlag laufen; ihre Oberfläche muß glatt und möglichst sauber poliert sein; Vorstehen von Glimmer, auch in geringem Maße, schädigt die Bürsten und ihren Lauf.

Es sollen auch sonstige Schwingungen und Stöße (z. B. von Riemen, Zahnrädern, Kurbeltrieben, Kupplungen usw., auch durch mangelhaftes Ausrichten verursacht) möglichst von der Bürste ferngehalten werden.

Die Bürstenbrücke (Joch oder Traverse) soll stabil sein, wenn drehbar soll sie in richtiger Lage unverrückbar festgestellt sein, bei Wendepolmaschinen in der „neutralen Zone“. Die Bürstenbolzen oder -träger müssen ausreichend stark und frei von Schwingungen sein.

Die Bürstenhalter sind heute meist aus Bronze stark und massiv gebaut; die Führungskästen für die Bürsten sollen sauber geglättet und genau bemessen sein. Abstand und Stellung der Halter müssen genau stimmen, das bezieht sich sowohl auf den Abstand am Umfang (Polteilung) wie auf Neigung zum Kommutator und Abstand von diesem, nicht zuletzt auch auf Schleifringhalter. Schräg- oder Reaktionsbürsten müssen mit dem spitzen Winkel gegen die Laufrichtung weisen, eignen sich demnach nicht für wechselnde Laufrichtung. Endlich muß der Druck, den der Halter der Bürste gibt, die vorschriftsmäßige Größe haben (guter Zustand der Federn!) und möglichst für alle Bürstenlängen behalten. Bei Haltern mit festgespannten Bürsten soll die mit der Bürste schwingende Masse nicht zu groß sein, wie ja überhaupt zu große und schwere Bürsten besonders bei großen Umfangsgeschwindigkeiten zu Mängeln führen können.

Bei allen Haltern muß für gute Befestigung der Litze und Weiterleitung des Bürstenstroms gesorgt sein. — Gemeinsame Befestigungs-

schraube für Bürstenlitze und -halter ist zu vermeiden, weil sonst nach Auswechseln der Bürste der Halter neu eingerichtet werden muß.

Zweckmäßig werden an Haltern oder Bürsten Mittel vorgesehen, die verhindern, daß die Bürsten zu weit abgenutzt werden und dann mit Armaturteilen die Schleifflächen beschädigen.

Zu den Voraussetzungen, die betriebsseitig erfüllt sein müssen, gehört Einhaltung der Betriebswerte des Leistungsschildes innerhalb der durch die Normen festgelegten Grenzen, also normale Drehzahl und Spannung und keine allzu langen oder großen Überlastungen (Beachtung des Leistungsfaktors!). Hierzu gehört auch Überwachung bezüglich anderer Einflüsse, wie Staub, Dämpfe oder ihr Kondensat, chemische Verunreinigungen oder solche durch Spritzwasser oder -öl und ihre Folgen, endlich Erdschlußkontrolle und Überwachung der Kühllufttemperatur, des Lagerverschleißes und damit des gleichmäßigen Luftspaltes an den Polen.

2. Das Aufsetzen der Bürsten

Unzulässiges Bürstenfeuer ist vielfach in unsachgemäßem Aufsetzen und Einschleifen und falscher Einstellung der Bürsten begründet. Rechnerisch vorausbestimmte Werte an der Bürste (spezifischer Auflagedruck, spezifische Belastung usw.) können nur nach richtigem Aufsetzen und Einlaufen wirklich vorhanden sein.

Beim Aufsetzen der Bürsten müssen daher folgende Regeln beobachtet werden:

Die Bürstenhalter müssen trocken und sauber sein, damit die radial beweglichen Bürsten ungehindert darin gleiten können. Da die positiven und negativen Bürsten die Schleiffläche verschieden stark angreifen, müssen bei Kommutatoren auf jeder Stelle der Schleiffläche gleichviel positive und negative Bürsten schleifen. Man setzt deshalb die Bürsten zweier benachbarter Bolzen — also eines „Bolzenpaares“ — genau hintereinander.

Damit aber eine Wellen- oder Riefenbildung vermieden wird, werden die Bürsten jedes Bolzenpaares gegen diejenigen des vorangehenden um ein Stück (a) seitwärts immer im gleichen Sinne versetzt, so daß die Kommutatorbreite möglichst gleichmäßig von den Bürsten bestrichen wird.

Es ergibt sich dann eine Anordnung der Bürsten, wie sie das Bild 24 zeigt; dieses veranschaulicht die in die Bildebene abgerollte Kommutatorfläche einer 6poligen Maschine, wobei die zu je einem „Bolzenpaar“ gehörenden Bolzen mit Klammer versehen sind. — Bei Wechselstrom-Schleifringen synchroner Maschinen mit ruhenden Polen können die nachteiligen Erscheinungen der Polarität dadurch bekämpft werden, daß man, wo angängig, die Bürsten zeitweise um ein Stück am Ringumfang verschiebt. — Richtige Anordnung solcher Bürsten muß übrigens bei der Maschine vorausgesetzt werden. Die Bürsten dürfen weder über den Rand des Kommutators hinausragen, noch gegen den inneren Wulst oder die Fahnen der Kommutatorzuleitungen anlaufen, bei Maschinen, deren

Anker betriebsmäßig in axialer Richtung pendelt, ist hierauf besonders zu achten. — Auch Schleifringbürsten (besonders bei Umformern, deren Anker häufig mit Pendleinrichtung, sog. „Wellenspieler“, ausgestattet sind) müssen so aufgesetzt werden, daß sie beim Betrieb tunlichst auf keiner Seite über den Ring hinausragen.

Ein Grund zum Feuern kann auch dadurch gegeben sein, daß die Bürsten am Kommutatorumfang nicht der Polteilung entsprechend gleich weit voneinander entfernt sind, oder daß sie alle gemeinsam in falscher Stellung zu den Polen stehen (Drehen in die „neutrale Zone“!), oder daß die Halter in radialer Richtung zu weit von der Schleiffläche abstehen. Diese Punkte werden im allgemeinen schon bei Montage und Inbetriebnahme der Maschine geregelt, doch ist eine Nachprüfung zu empfehlen, wenn den Ursachen von Bürstenstörungen nachgespürt werden muß.

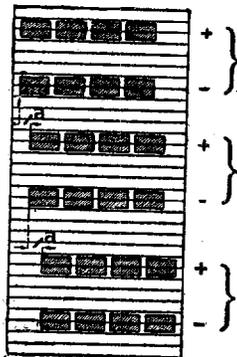


Bild 24

Anordnung der Bürsten auf der Kommutatorfläche einer 6poligen Maschine

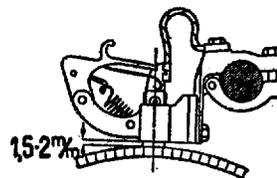


Bild 25

Der radiale Abstand fester Führungskästen von der Schleiffläche soll 1,5 bis 2 mm nicht übersteigen

Die Stellung der Bürsten am Umfang prüft man am besten mittels eines fest um den Kommutator herumgelegten Papierstreifens nach, auf dem eine Teilung des Umfanges entsprechend der Polzahl (Polzahl) der Maschine sauber aufgetragen ist. Den radialen Abstand der Halterkästen legt man fest, indem man beim Aufsetzen und Festschrauben des Halters etwa Preßspan der gewünschten Stärke unterlegt. — Der radiale Abstand fester Führungskästen von der Schleiffläche soll 1,5—2 mm nicht übersteigen (Bild 25). Beim Aufschieben von Klemmbügeln auf Bürsten ist zu beachten, daß eine stramme Federung und glattes Anliegen erzielt werden. Nötigenfalls müssen die Bügel vor dem Aufschieben etwas zusammengebogen werden; die Verkupferung der Bürsten, wo solche vorhanden ist, muß dabei möglichst geschont werden. Auf blanke Kontaktflächen an allen stromleitenden Verbindungen, besonders in den Klemmbügeln, ist zu achten.

3. Das Einschleifen

Die voraus berechneten Verhältnisse sind an den Bürsten nur dann verwirklicht, wenn alle Bürsten mit voller Fläche auf den Schleifkörpern gleiten. Die Bürsten müssen also nach dem Aufsetzen eingeschleift werden. Das Einschleifen soll unter dem normalen, vom Halter erzeugten Bürstendruck vor sich gehen; es ist unstatthaft, besonders beim Einschleifen sehr weicher Bürsten, den Druck mit der Hand zu vergrößern. Es soll möglichst geschmeidiges Schleifleinen verwendet werden, das unter den Bürsten hin- und herzuziehen ist. Bei Maschinen mit nur einer Drehrichtung zuletzt nur in Drehrichtung schleifen! Die Leinwand ist so zu führen, daß sie zu beiden Seiten der Bürste noch ein Stück an der Schleiffläche anliegt, damit die Bürstenkanten nicht abgeschmirgelt werden. Man kann auch den Kommutator ganz mit Schleifleinen umlegen (Stoßstellen überlappen oder genau schneiden und ankleben) und bei aufliegenden Bürsten zwei- bis dreimal drehen.

Nach dem Einschleifen müssen Kommutator, Wicklungen, Bürstenhalter und Bürsten gereinigt werden. (Ausblasen mit Blasebalg oder Preßluft, wobei der Kohlen- oder Metallstaub nicht in die Wicklungen hineingeblasen werden darf; poröse, weiche Bürsten, in deren Lauffläche der Schleifstaub sich festsetzen könnte, vor dem Ausblasen der Maschine mit Glaspinsel nachwischen.)

4. Das Parallelarbeiten der Bürsten

Bei Maschinen für große Ströme erfordert deren gleichmäßige Verteilung auf viele parallel arbeitende Bürsten besondere Sorgfalt. Alle Regeln für Erreichung bester Stromverbindungen sind hier genau zu beachten. Aber auch ein sorgfältiges Abgleichen der Verhältnisse an der Übergangsstelle wird zur Vorbedingung für gleiche Belastung der Bürsten. Dazu gehören:

Verwendung nur qualitätsgleicher Bürsten in Parallelschaltung, d. h. also nicht nur auf einem Bolzen, sondern für eine Polarität (Vorlauf-, Kommutierungs- und „Schmierbürsten“ bilden eine Ausnahme).

Ausgleichen des Halterdrucks an den parallel arbeitenden Bürsten.

Pflege des Kommutators mit dem Ziel, eine gleichmäßige „Brünierung“ oder „Formierung“, d. h. neben guter Politur möglichst an allen Stellen eine gleiche Einfärbung zu erhalten; nur vereinzelt auftretende kupferblanke Streifen führen leicht zur Überlastung der darauf gleitenden Bürsten.

Gleichmäßige Verteilung des Stroms auf mehrere Bürsten kann dadurch oberflächlich nachgeprüft werden, daß man an gleich langen Stücken der Bürstenlitzen den Spannungsabfall mit einem empfindlichen Meßgerät vergleicht; bei gleichen Litzen und Bürsten kann man, wenn dieser gleich ist, ungefähr gleiche Bürstenströme annehmen. Ungleich-

heiten können z. B. durch Abgleichen des Bürstendrucks beseitigt werden. Ungleiche Stromverteilung führt zu ungleicher Beanspruchung und Ausglühen der Stromzuführungen und zu unterschiedlichem Bürstenverschleiß; diese Frage soll daher beim Auftreten von Mängeln stets nachgeprüft werden, ehe man kurzweg von „ungleichmäßigem Bürstenmaterial“ spricht.

5. Fettstoffe an Bürsten und Schleifflächen

Der im Maschinenbau gültige Brauch, die Reibung aufeinandergleitender Flächen durch Einfetten zu verringern, kann nicht ohne weiteres auf Bürsten und Schleifflächen übertragen werden. Die Bürsten enthalten vielfach in dem darin verarbeiteten Graphit ein vollkommen ausreichendes Schmiermittel. Erhöhung der Gleitfähigkeit von Kohlebürsten durch Imprägnieren mit Fettstoffen sollte der Verbraucher niemals auf eigene Faust vornehmen, weil für dadurch entstehende Schäden weder der Maschinen- noch der Bürstenlieferant eine Haftung übernehmen kann. Wünsche bezüglich evtl. Imprägnierung oder Nachimprägnierung von Bürsten bitten wir unmittelbar an uns gelangen zu lassen. Fettimprägnierung dampft bei starker Erhitzung der Bürsten aus, muß also gegebenenfalls erneuert werden.

Das Einfetten der Schleifflächen ist stets dann bedenklich, wenn es sich um ventilierte Maschinen handelt und der nicht immer staubfreie Luftstrom über die Schleifflächen hinweggeht. Zur Behebung lästigen Bürstenkreischens kann beim Gebauch von Graphit- oder Kohlebürsten trockenes Kommutatorwachs oder Vaseline verwendet werden. Vielfach genügt ein Säubern des Kommutators ohne Verwendung von Fett; Verwendung von säurehaltigen und zersetzlichen Fetten oder Ölen, besonders solchen pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, sollte gänzlich unterbleiben.

Besondere Vorsicht ist bei allen Bürsten mit hohem Metallgehalt geboten; hier sind vielfach besondere Graphit-„Schmierbürsten“ in Gebrauch.

Die teuren flüssigen Kommutator-Pflegemittel, denen manchmal Drucksachen mit völlig unerfüllbaren Versprechungen hinsichtlich „Stromersparnis“ beigegeben werden, können zwar (wie andere Reinigungsmittel) zur gründlichen Säuberung stark verschmutzter Schleifflächen dienen, sind aber bei der laufenden Pflege entbehrlich und leicht zu ersetzen. Sie verbinden meist eine reine Putzwirkung mit einer die Brünierung- und Politurbildung unterstützenden leichten Fettung. Diese kann, falls erwünscht, nach der Reinigung mit gewöhnlichen Säuberungsmitteln dadurch hervorgerufen werden, daß man einen mit wenig Petroleum oder Paraffin getränkten sauberen Lappen fest an der Schleiffläche hin und her führt. (Vorsicht mit Benzin und andern leicht entzündbaren Stoffen an belasteten Maschinen! Das Bürstenfeuer zündet!) Man sollte auf jeden Fall verhüten, daß bei gutem Lauf der Maschine eine einwandfrei eingelaufene, brünierte Schleiffläche durch irgendein Putzmittel verdorben und ungleichmäßig gemacht wird.

6. Aussagen der Kommutatorisolation

Bei Kommutatoren darf der Isolationsstoff (meist Glimmer) nicht zwischen den Lamellen hervorragen. Heute wird fast stets der Glimmer zum Schutz der Bürsten ausgesägt; dabei sollen die entstehenden Nuten überall gleichmäßig tief (nicht über 1 mm) sein. Beim Aussägen dürfen die Lamellen nicht beschädigt werden.

Die Arbeit erfordert Übung und große Sorgfalt. Der entstandene Grat wird durch Brechen der Lamellenkanten und nachfolgendes Abschleifen im Lauf beseitigt, der Kupfer- und Glimmerstaub durch Abbürsten und Ausblasen mit Druckluft entfernt.

In großen Fertigungs- und Ausbesserungswerkstätten wird der Glimmer mit besonderen Vorrichtungen ausgefräst. Meistens wird aber die Wiederholung später von Hand vorgenommen.

7. Schleifen von Hand

Zum Abschleifen der Schleifflächen wird zweckmäßig Carborundumleinwand verwendet. Diese darf nicht in mehreren Lagen und nicht mit einem Tuch- oder Filzpolster gegen die umlaufende Schleiffläche gedrückt werden, sondern mit einem der Rundung der Schleiffläche genau angepaßten Schleifklotz.

Damit sich kein Schleifstaub unter den Bürsten festsetzen kann, soll möglichst bei abgehobenen Bürsten geschliffen werden; anderenfalls müssen nach dem Schleifen die Bürstenlaufflächen aufs sorgfältigste gereinigt werden (Glaspinsel). Hinter dem Schleifklotz soll ein Filzstreifen laufen, der den Schleifstaub auffängt. Zur Verringerung der Staubbildung kann die Schleifleinwand mit Vaseline oder Öl gefettet werden; doch sind alle Spuren davon nach dem Abschleifen zu beseitigen. Es ist darauf zu achten, daß das Schleifmittel Kupfer und Glimmer gleich stark anfaßt und mitnimmt; Schmirgelleinen und Glaspapier stehen in dieser Beziehung dem Carborundumleinen nach.

Hervorragend zum Abschleifen geeignet sind auch die heute viel gebrauchten künstlichen Steine aus Carborundum oder anderen Schleifmitteln. Bimsstein ist auch brauchbar, zeigt aber besonders starke Staubbildung.

Nach der Behandlung der Schleifflächen muß der Staub sorgfältig entfernt werden. Wenn möglich, sollte man große Staubmengen zuerst absaugen und dann erst mit dem Ausblasen beginnen, damit Verschmutzung der Wicklungen verhütet wird. Stehen mehrere offene Maschinen nahe beieinander, so sollten Schleifarbeiten und Reinigung bei einer einzelnen unter einem dichten Zelt vor sich gehen.

Bei Kommutatoren dehnt sich durch die Erwärmung im Betrieb das Kupfer stärker aus als die Isolation; diese tritt also unter Umständen beim Erkalten zwischen den Lamellen hervor. Wo dies der Fall ist und die Maschine in den Betriebspausen erkalten kann, muß der Kommutator in kaltem Zustande abgeschliffen werden. In warmem Zustande dürfen

Kommutatoren nur geschliffen werden, wenn die Isolation hinter der Schleiffläche zurücksteht oder die Maschinen betriebsmäßig nicht zum Erkalten kommen.

8. Schleifen mit Vorrichtung und Abdrehen

Kommutatoren oder Schleifringe, die unrund laufen oder tiefe Rillen, Brand- oder Kratzspuren tragen, müssen mittels Schleifmaschine abgeschliffen oder abgedreht werden. Wenn möglich, sollte dabei der Anker in den eigenen Lagern laufen, da die Körner-Löcher später vielfach unzuverlässig oder schadhaft sind. Auch beim Drehen muß unter allen Umständen vermieden werden, daß Schleifscheibe oder Drehstahl mit Kommutatorfahnen in Berührung kommen können. Gegebenenfalls ist durch besondere Mittel axiales Pendeln während dieser Arbeiten zu verhüten. Auch Schleifen mit festgespanntem Stein ist gebräuchlich.

Beim Abschleifen mit der Carborundumscheibe muß diese sich an der Schleifstelle gegenläufig zur Schleiffläche bewegen, die dabei möglichst die normale Umfangsgeschwindigkeit haben soll.

Kommutatoren müssen vor dem Abschleifen in kaltem Zustande von Sachverständigen nachgezogen werden, und zwar so gleichmäßig, daß ein Verspannen verhütet wird. Nach dem Abschleifen muß abgegratet und mit Schleifklotz und feiner Schleifleinwand nachpoliert werden.

Beim Abdrehen soll die Umfangsgeschwindigkeit 15—20 m in der Minute nicht überschreiten. Das Abdrehen soll wegen richtiger Wahl des Drehstahls und der Spanstärke nur von Sachverständigen vorgenommen werden.

Gute Ergebnisse bringt das Abdrehen mit Diamantwerkzeugen. Es erfordert aber besondere Erfahrung und ist in großen Werkstätten, z. B. bei Massenfertigung gleicher Kommutatoren, üblich. Bei Verwendung des Diamanten können die Schleifflächen schnelllaufender Maschinen bei voller Drehzahl abgedreht werden. Die Lieferfirmen von Diamantwerkzeugen geben besondere Vorschriften heraus und helfen bei der Einrichtung.

Die Seitenflächen der Lamellen sind häufig mit dünnen Lackschichten bedeckt, die beim Reinigen nicht verletzt werden dürfen. (Nur Pinsel oder Preßluft verwenden.)

VI. Störungen an Bürsten und Abhilfsmaßnahmen

Erscheinungen

Ursachen und Abhilfe an Kommutatoren oder Schleifringen

- | | |
|--|--|
| 1. Dichte schmale Furchen, Riefen (Bürste Bild 4 bis 7) | Bürsten-Verteilung prüfen. Evtl. Wirkung von Staub, Dämpfen, Gasen, Spritzöl usw. Bei Metallbürsten evtl. Schmierbürsten. |
| 2. Breitere „Rillen“, welliger Kommutator (Bürste Bild 10 bis 12) | Besonders bei Naturgraphitbürsten. Wenn mit Politur verbunden, Schönheitsfehler; nicht zu zeitig schleifen! Marke. Einzelrillen von schleifender Armatur! |
| 3. Furchen, meist in Bürstenbreite, Stehenbleiben ringförmiger Erhöhungen | Folge unzureichender axialer Verteilung. Versetzen der Bürsten, bis alle Teile der Schleiffläche gleichmäßig bestrichen. |
| 4. Verschleiß auf ganzer Fläche, die dann metallblank | Bürstenmarke ungeeignet, sofern nicht Kommutator- (oder Schleifring-) Werkstoff zu empfindlich (weich). Gilt nicht für Erscheinungen nach längerem Leerlauf. |
| 5. „Flache Stellen“ | Ursache, soweit nicht lose Lamellen (abklopfen!), in örtlichem Bürstenfeuer zu suchen; Lötstellen der Fahnen prüfen, Unterbrechungen usw. Nach Beseitigung sorgfältig schleifen. |
| 6. Kommutator streifig, blanke und brünierte Bahnen (mit unterschiedlichem Verschleiß) | Regeln für das Aufsetzen beachten; Bürsten paarweise (+ und -) auf eine Bahn setzen. Wenn dadurch keine Abhilfe, Stromverteilung prüfen (zweierlei Bürsten?), Bürstendruck prüfen! |
| 7. Matte Flecken auf Kommutator | Besonders bei Niederspannungsmaschinen durch überwiegenden Einfluß der Stromrichtung Kommutator-Bürste. Durch besseren Ausgleich zu beseitigen. |
| 8. Auslöten der Kommutatorfahnen | Zu große Erwärmung. Bürstendruck prüfen! Marke! Selten: Zu starke Brüniierung und Politur, die dann verringert werden muß. |
| 9. Kommutator matt geschwärzt bei mechanisch ruhigem Lauf | Stromverteilung prüfen! Bürstendruck prüfen! Glimmer! Luftverunreinigungen! Bei mangelhaft geschliffenem (rauhem) Kommutator. Im Notfall: Andere (schleifende) Marke. |
| 10. Angebrannte Lamellenkanten am ganzen Umfang | Stromwendung unzureichend; Bürstenstellung prüfen, bei großen Maschinen Wendepol-Luftspalt. Evtl. Bürstenmarke ändern. |

- | | |
|--|--|
| 11. Einzelne Kommutator-Stellen verbrannt, Isolation ange-fressen; im Lauf starkes Feuer | Entspricht einer Fehlerstelle in der Wick-lung oder an der Fahne (Unterbrechung, Lötstelle); instand setzen. |
| 12. Überziehen von Kupfer über den Glimmer | Häufig bei Rasseln der Bürsten; rechtzeitig sorgsam abgraten. |
| 13. Mehrere Lamellen (oder Lamellengruppen) in gleichem Abstand am Umfang ange-brannt | Gruppe von Windungen durch Unterbrechung, Lötfehler oder dgl. beeinflusst. Unterbrechung der Ausgleichleitungen. Mangel oft durch mechanische Nachwirkung ver-stärkt. Anfleckung in Polabstand kann Spur groben Anfahrens bei Motoren oder einer Stoßbelastung bei Generatoren sein. |
| 14. Kommutator orange- bis karminfarben | Hitzefarben vgl. 40; (evtl. durch Gase). |
| 15. Kommutator verfärbt sich (auch bei Stillstehen), Schwär-zung, Grünspan | Wirkung von Dämpfen oder Gasen (Chlor, Ammoniak usw.). Vor längerem Stillstand fetten. |
| 16. Anbrennen unregelmäßig verteilter Lamellengruppen | Lockerer Kommutator; nachziehen! |
| 17. Abnutzung negativer Er-regerringe | Wirkung der mit dem Strom von Ring zur Bürste gehenden Stoffwanderung. Umpolen, Marke. |
| 18. Blanke Flecken an SM-Stahlringen | Entstehen bei Stillstand der Maschine; bei Stillsetzen Ringe leicht fetten! |
| 19. Matte Flecken an SM-Stahlringen | Elementbildung bei längerem Stillstand. Bürsten abheben. Auch Folge von Kurz-schlüssen. |
| 20. Flecken an Einanker-Ringen | Wirkung des Synchronlaufes; durch Ver-setzen der Bürsten am Umfang zu beheben. |

Erscheinungen

21. Bürsten zerspringen, wenn mechanisch alles in Ordnung
22. Bürsten platzen aus an Ablaufkante unter Rasseln (Bild 46 und 47)
23. Bürsten brennen ein und zerbröckeln an Ablaufkante unter Feuern (Bild 15)

Ursachen und Abhilfe an Bürsten

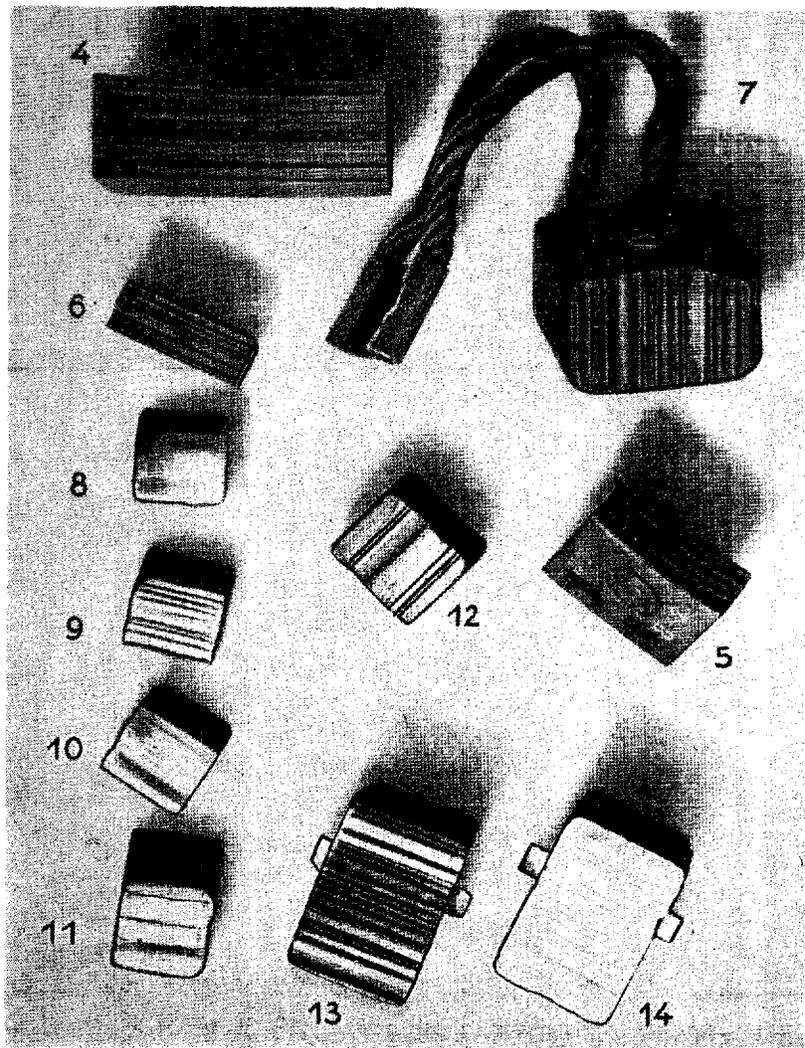
- Selten, bei Lastspitzen; Bürstenmarke wech-seln.
- Mechanische Laufbedingungen sorgfältig prü-fen, bes. Abstand der Halterkästen vom Kommutator, nötigenfalls Markenwechsel.
- Bei besonders schlechter Stromwendung. Bei Einanker-Umformern, wenn Anlauf von Drehstromseite. Auch Markenfrage.

- | | |
|---|---|
| <p>24. Bürsten laufen in Halter ein, „Schuhbildung“, besonders bei veralteten Haltern (Bild 26 bis 31)</p> | <p>Meist durch ungünstige Bürstenstellung. Lauf gegen den Halter und folgendes Rasseln. Hilft Ändern des Bürstenwinkels. Halterabstand.</p> |
| <p>25. Bürsten zerplatzen unter Rassel-Erscheinungen (Bild 20)</p> | <p>Halterstellung prüfen. Glimmer und Bürstendruck prüfen. Bei Drehrichtungswechsel. Sofern mechanisch einwandfreier Kommutator, Bürste etwas imprägnieren; Marke.</p> |
| <p>26. Bürsten backen im Halter fest</p> | <p>Wenn Spielraum ausreichend und Armatur in Ordnung, Wirkung von Staub zwischen Bürsten und Halter (Öldämpfe, Fett). Gründliche Säuberung.</p> |
| <p>27. Furchen mit Blitzfiguren auf Stirnseiten</p> | <p>Wirkung von Staub und Sand in Kühlluft (besonders bei Straßenbahnmotoren). Wo möglich, Kühlluft reinigen.</p> |
| <p>28. Bei normalem Lauf zu großer Verschleiß an Natur- und Elektrographitbürsten</p> | <p>Meist vorstehender Glimmer; aussägen. (Bild 13/14: Bürste vor und nach dem Aussägen.)</p> |
| <p>29. Starkes Geräusch oder Singen</p> | <p>Besonders bei halb verbrauchten Bürsten durch zu niedrigen Druck; sonst hilft etwas Fett (Paraffin, Vaseline). Halterabstand und Bürstenwinkel prüfen.</p> |
| <p>30. Einarbeiten des Druckfingers</p> | <p>Durch mechanische Schwingungen hervorgerufen. Bürstendruck prüfen! Vergl. 25; auch bei Stromübertragung durch Druckfinger.</p> |
| <p>31. Kupfer-Einschlüsse an Laufflächen (Bild 17)</p> | <p>Bei Stromrichtung Kommutator-Bürste. Chem. Einflüsse? Seiten Markenfrage. — (Einzelfall: im Stillstand durch Erdströme.) Stromdichte prüfen. Evtl. Druck verstärken. Glaspinsel!</p> |
| <p>32. Metall-Einschlüsse und Anfrassungen an den Seitenflächen (Bild 36)</p> | <p>Entstehen durch unregelmäßigen Stromdurchgang über die Halter. Litzenverbindung! Evtl. Halter isolieren.</p> |
| <p>33. Mehrere Laufflächen in Laufrichtung hintereinander
Mehrere Laufflächen in Laufrichtung nebeneinander</p> | <p>Haltersitz und Spiel im Halter prüfen; evtl. Winkel ändern (Bild 40, 41). Folge von Wellenspiel, Schlechte Bürstenführung! Evtl. axial breitere Bürsten.</p> |
| <p>34. Perlfeuer, weiße runde Funken</p> | <p>Soweit Kommutator ohne Brandstellen bleibt, unbedenklich. Mechanisch sauberen Lauf anstreben.</p> |
| <p>35. Ziehfeuer, zungenförmige gelbe Funken</p> | <p>Mängel bei Maschine oder Bürstenmarke. Kommutator sorgfältig sauberhalten; Fachmann befragen, evtl. Marke wechseln.</p> |

- | | |
|--|--|
| 36. Spritzfeuer, knisternd (grünlich) | Lötstellen und Wicklung untersuchen! Kommutator-Lamellen abklopfen; evtl. Kommutator nachziehen; Glimmer! |
| 37. Umlauffeuer | Glimmernuten unsauber (zuviel Fett?); Glimmer aussägen! Bei Kleinstmotoren ohne Bedeutung. |
| 38. Kommutierungs-Streifen (Lamellenmuster) angebrannte Kanten, Glühen an Auf- oder Ablaufkante (Bild 42 bis 44) | Meist durch fehlerhafte Einstellung der Kommutierung (Bürstenbrücke oder Wendepol-Luftspalt), Unruhiger Lauf. |
| 39. Stauben (zu starker Bürstenverschleiß) | Außere Wirkungen, wie Baustaub, Zu häufiges Schleifen des Kommutators und Aufrauen. Zuviel oder ungeeignetes Fett. Marke. |
| 40. Erwärmung der Bürsten auf Kommutatoren | Zulässig 60° Ü.-T. am Kommutator. Wenn elektrisch (Bürstenfeuer, Parallelarbeiten) alles in Ordnung, Reibung; Bürstendruck prüfen! Marke. |
| 41. Erwärmung der Bürsten auf Ringen | Bürstenreibung durch regelmäßiges schwaches Fetten (Vaseline) niedrig halten. |
| Erwärmung der Bürsten auf Stahlringen | Mangelhafte Auflage (Bild 19); Einschleifen. Bürstendruck prüfen! |
| 42. Erhitzung und Ausglühen einzelner Litzen (Bild 25) | Ungleiche Stromverteilung. Bürstendruck prüfen! Alle Verbindungsstellen sorgfältig prüfen; ausgleichen! Auch bei Parallelarbeiten von Bürsten verschiedener Marken, was unbedingt zu vermeiden. |
| 43. Übermäßige Erhitzung aller Litzen | Unzureichende Abführung der Verlustwärme; Litzen verstärken. |
| 44. Erhitzung nur an der Verbindungsstelle Bürste-Litze. Ausglühen von Ansteckbügeln. Auslöten | Verbindung unzureichend; Litzen einfügen, wo solche fehlen; feste Verbindung statt Steckbügel; Niet- oder Stampfverbindung. |
| 45. Zerstörung der Litze ohne Hitzeerscheinungen | a) chemische Einflüsse; Litzen aus einzeln verzinnnten Drähten verwenden;
b) auch bei Schwingungen, Reibungserscheinungen; hilft Fetten (Vaseline), auch Tränken der Bürsten, z. B. mit Paraffin. Bürsteneigung beachten. |
| 46. Anfressen der Führungsflächen des Halters oder des Druckfingers (vgl. 32) | Stromdurchgang! Stromzuführung durch Litze verbessern; evtl. Bürstenhalter vom Bolzen isolieren. |
| 47. Verschleiß (Ausschlagen) an Innenwänden des Kastens | Meist durch zu großes Spiel; Toleranzen! |
| 48. Brechen der Zuleitungsfahnen (Bild 20) | Schwingungen, Rasseln; Mittel wie 45b, auch Bürstenwinkel prüfen. Fahnen kurz halten. |

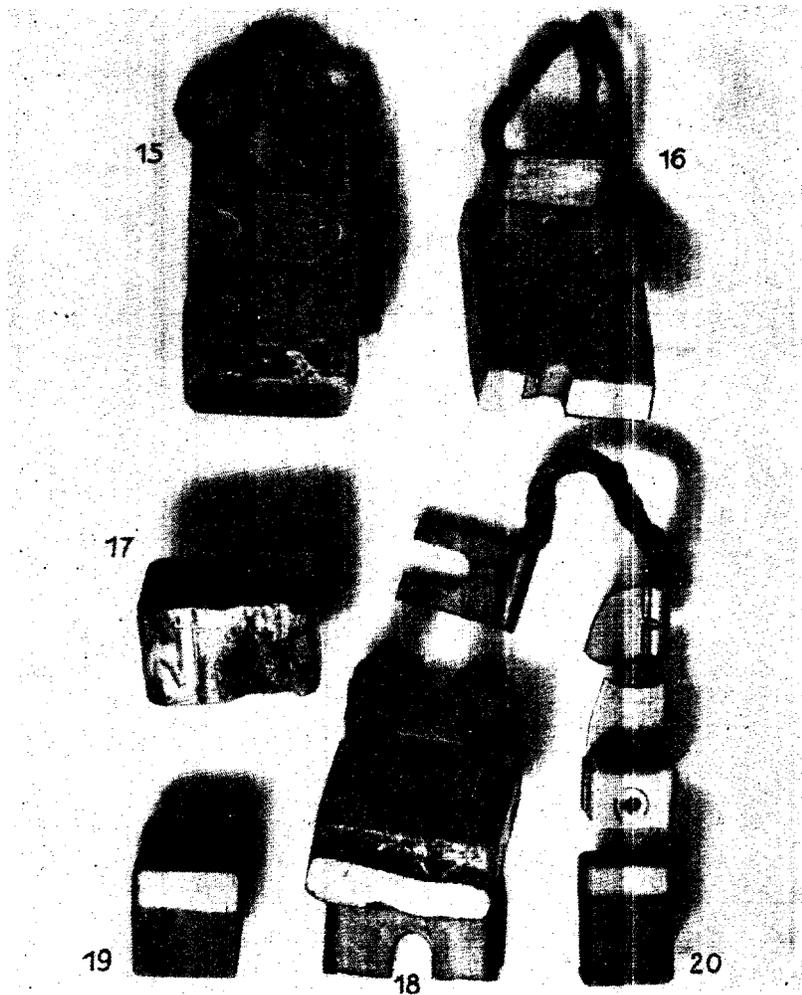
Andere Mängel, die mit den Bürsten zusammenhängen

- | | |
|---------------------------------|---|
| 49. Maschine erregt sich schwer | Glimmer steht vor, aussägen. Bürstendruck prüfen! Marke prüfen, da evtl. Übergangswiderstand zu groß. Zu starke Politur beseitigen. |
| 50. Rundfunkstörungen | Entstehen durch Bürstenfeuer (s. d.). Mechanisch einwandfreien Lauf schaffen; weiche Bürsten; sorgliche Pflege des Kommutators. |



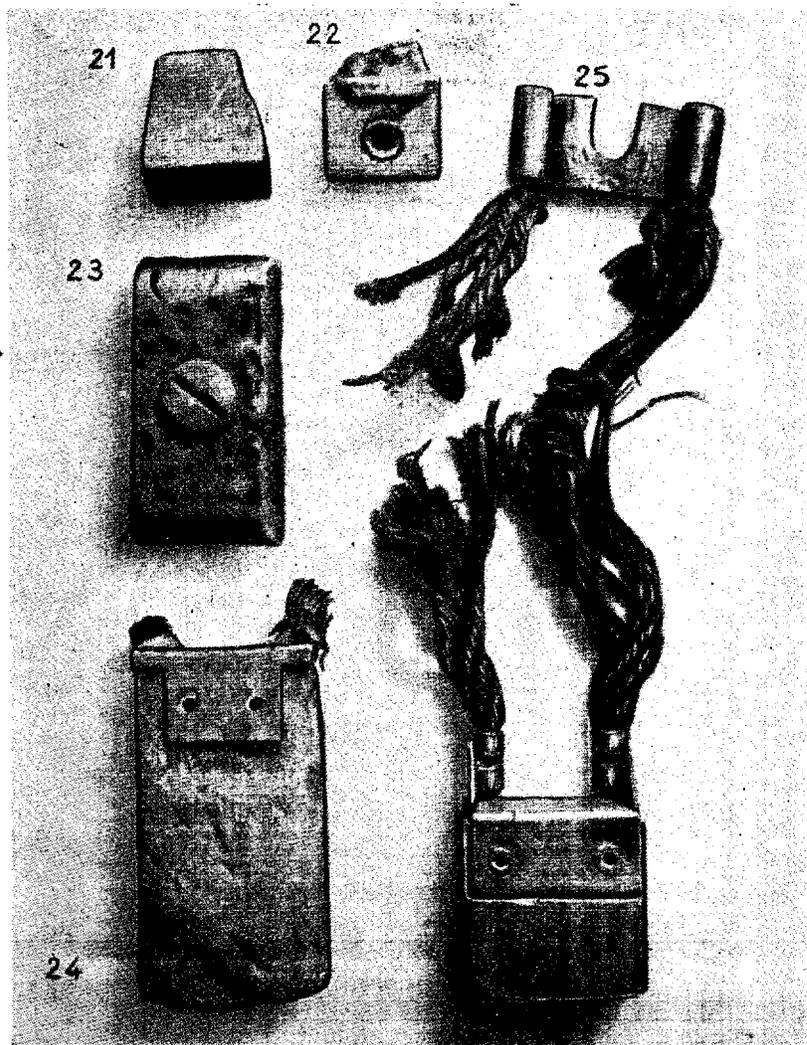
Tafel 1

- Abb. 4, 5 Schleifringbürsten mit verschieden starken Haarriefen
- Abb. 6 Schleifringbürsten, gröbere Riefen (Kapselmotor)
- Abb. 7 Metallhaltige Kommutatorbürste mit starken Riefen
- Abb. 8-12 Furchen verschiedener Breite an Graphitbürsten von Erregermaschinen
- Abb. 13, 14 Elektrographitbürste vor und nach dem Aussägen des Glimmers



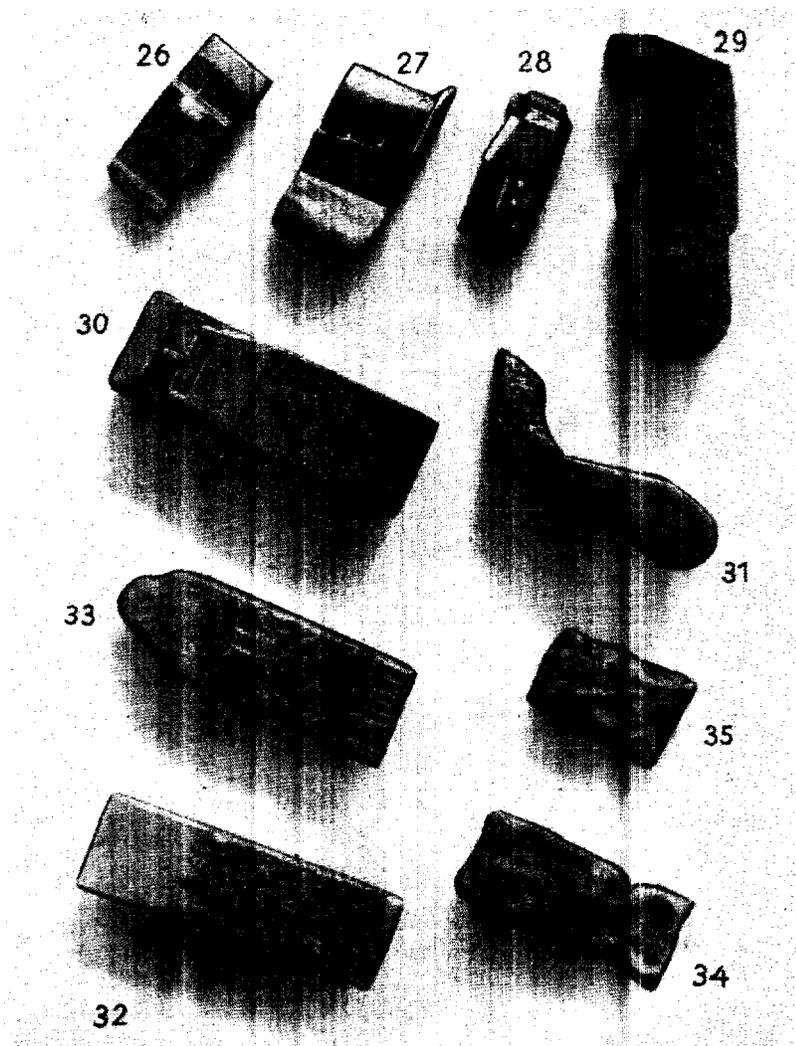
Tafel 2

- Abb. 15 Einanker-Kommutatorbürste (Graphit) mit stark beschädigter Ablaufkante vom Feuern bei drehstromseitigem Anfahren
- Abb. 16 Bürste einer Kommutatormaschine mit Schäden durch Glühstelle
- Abb. 17 Bürste eines Gleichstrom-Generators in chemischem Betrieb, Kupfereinschluß („Kupferneß“)
- Abb. 18 Bürste eines Gleichstrom-Generators mit fehlerhaft eingestellter Kommutterung; halbe Lauffläche verfeuert
- Abb. 19 Elektrographitbürste von Stahl-Erregerring, mangelhaft eingeschliffen
- Abb. 20 Bürste, die durch Rassein zersprungen ist; Bruch der Fahne



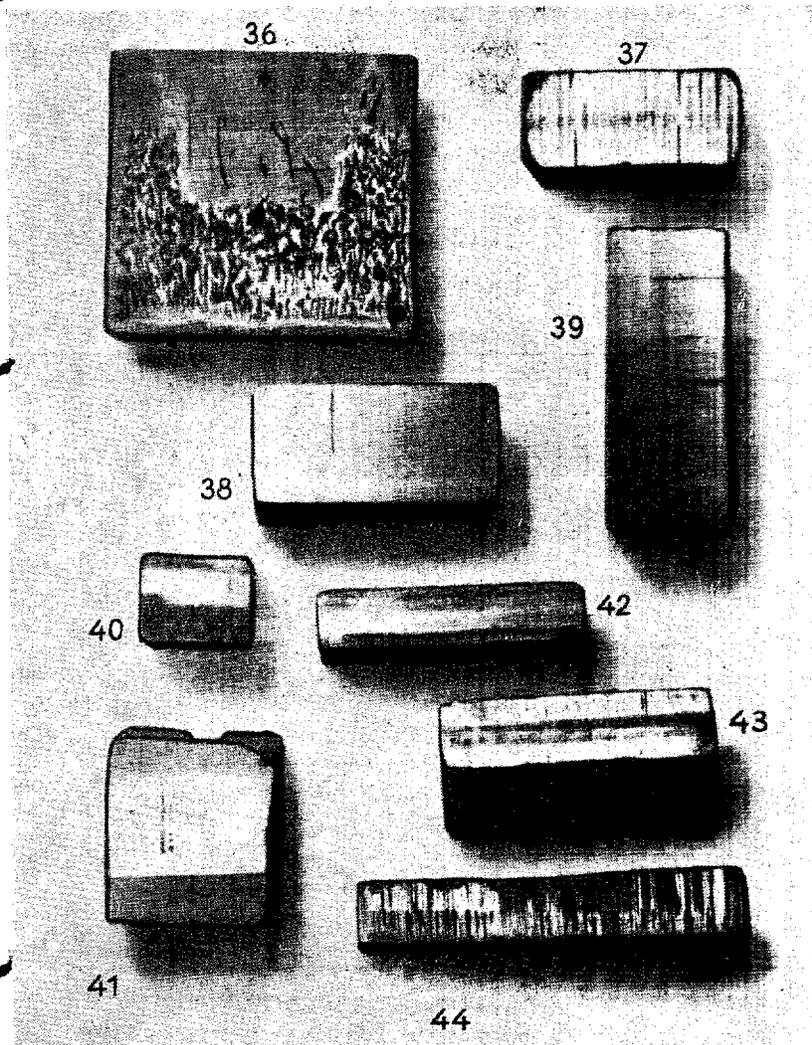
Tafel 3

- Abb. 21, 22 Bürsten, durch starkes Feuern bei schadhafter Wicklung zerstört
Abb. 23 Schleifringbürste, an der Oberseite durch mangelhaften Kontakt verschmort
Abb. 24 Graphitbürste, durch Überlastung und Hitze oberflächlich verbrannt
Abb. 25 Durch Überlast bei ungleicher Stromverteilung zerstörte Armatur



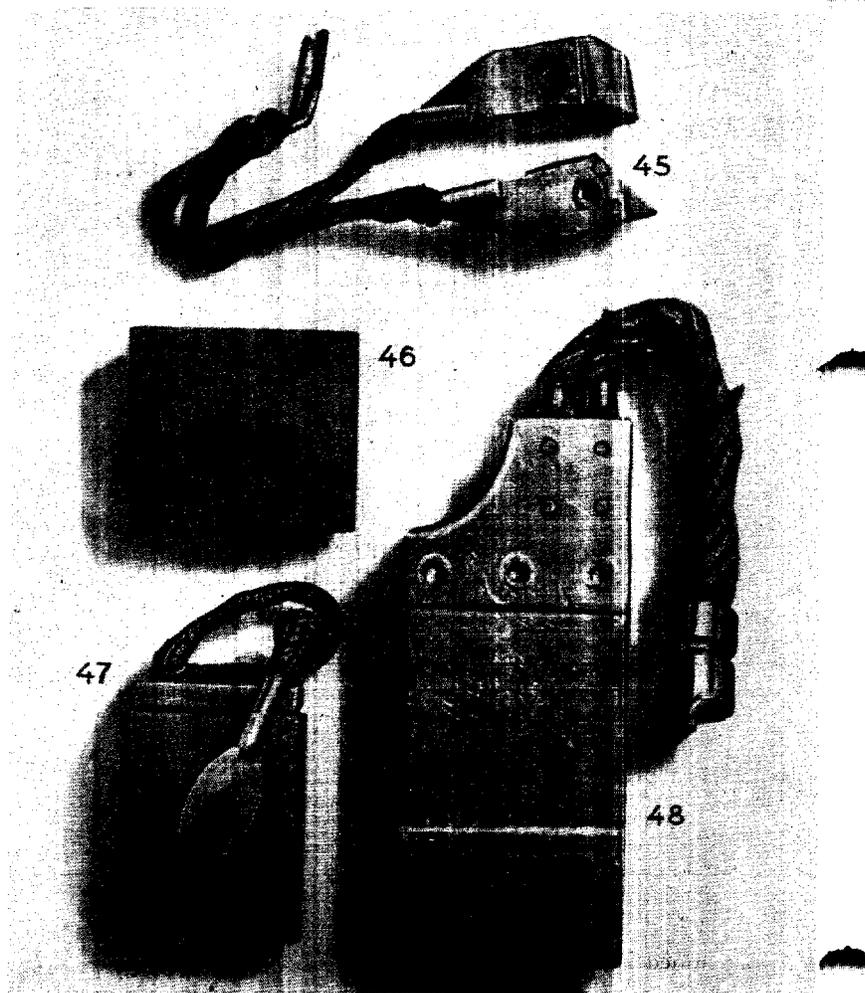
Tafel 4

Abb. 26—31 Durch Rasseln verursachte Verformungen an Bürsten. 29 und 31 zeigen ausgeprägte Stiefelbildung, durch Änderung der Lage im Halter bei zunehmender Verformung entstanden; bei 26 und 27 Abprägung von Aufsteckbügeln, bei 27 — des Halterkastens
Abb. 32—35 Fortschreitende Verbrennung der Bürste durch Lichtbögen bei Stromübergang zum Halter



Tafel 5

Abb. 36 Bahnbürste, ohne Litze gelaufen, mit Ausbrennungen und Metalleinschlüssen durch Stromübergang: Bronzehalter-Kohle
Abb. 37-39 „Dachbildung“ bei Bahnbürsten mit Umkehrbetrieb
Abb. 40, 41 Bürsten mit mehreren Laufflächen, durch mangelhaften Sitz entstanden
Abb. 42-44 „Lamellenbild“ an Bahnbürsten, besonders bei unruhigem Lauf



Tafel 6

- Abb. 45 Bürsten, die um 90° verdreht im Halter saßen
Abb. 46, 47 Bürsten, die durch Rasseln zersprungen sind
Abb. 48 Vom Kunden mit 20 mm Überlänge bezogene Schleifringbürste (Einanker); Herausnehmen aus dem Halter war nach Anschrauben des Schuhs durch nur normallange Litze behindert; Spuren von Kurzschluß durch Kippen und Berühren der Nachbarphase

Schäden durch willkürliche Maßänderungen an Bürsten

Die Abmessungen der Kohlebürsten, auch die radiale Länge, sind im allgemeinen vorgeschrieben. Dabei sind die meisten Halter so konstruiert, daß die Bürsten für alle Verschleißlängen den erforderlichen Bürstendruck erhalten. Eine Abweichung im Bürstendruck kann eine Erhöhung der elektrischen oder Reibungsverluste, daher des Verschleißes an Bürsten und Schleifflächen, zur Folge haben und die Maschine selbst schädigen.

Hin und wieder versuchen Verbraucher durch eine willkürliche Vergrößerung der Radialmaße eine größere Lebensdauer der Bürsten zu erzielen.

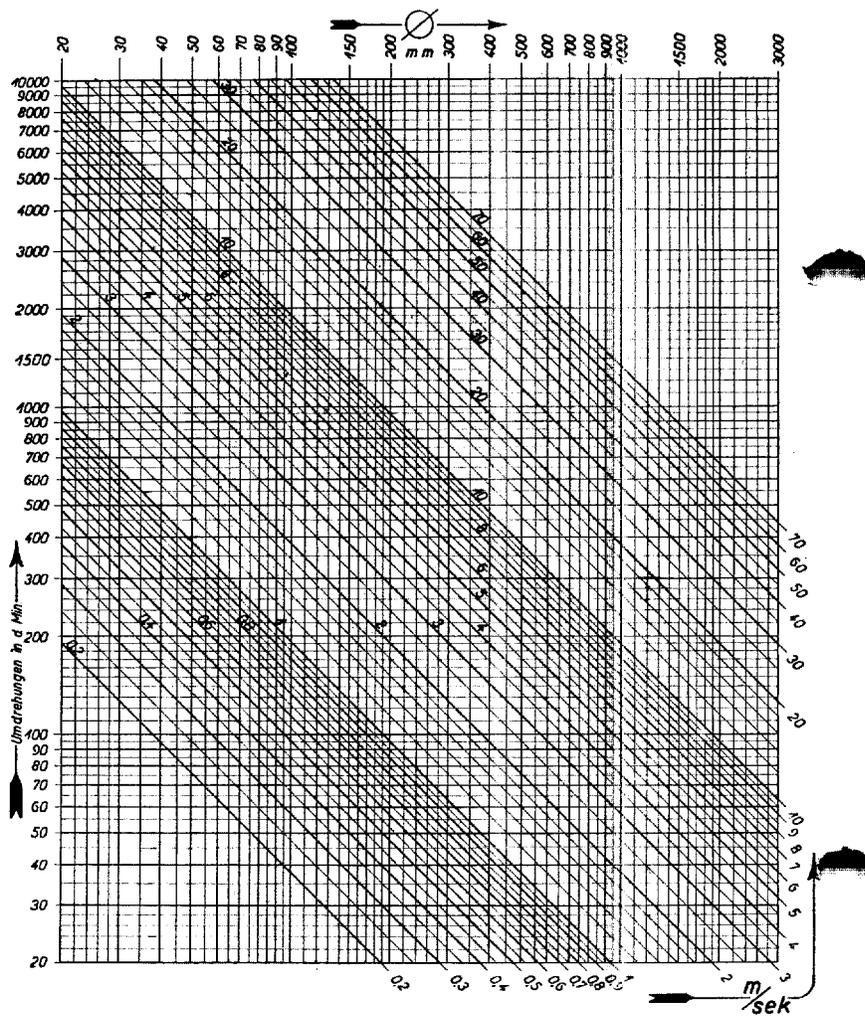
Bei vielen Bürstenhaltern ergeben sich nach dem Einsetzen solcher verlängerten Bürsten falsche Bürstendrucke. Z. B. nimmt bei manchem Halter mit frei gleitender Bürste die in die Längsrichtung fallende Komponente der Federkraft schnell bis auf Null ab, wenn der Druckfinger durch eine abnorm lange Bürste weiter als vorgesehen angehoben wird. Dadurch wird der Übergangsverlust an den Schleifflächen erhöht und die Kommutierung nachteilig beeinflusst. Bei anderen Haltern können sich zu große Drücke ergeben, die mechanisch von Nachteil sind. Abb. 48, Tafel 6, zeigt eine Bürste, die sich der Kunde mit etwa 25 mm größerer Länge anfertigen ließ (normale Typenlänge durch weiße Linie angedeutet); die Verwendung dieser Bürsten, besonders mit den zu kurzen Litzen, brachte schwere Mißstände.

Es kann sich aus solch willkürlichen Eingriffen ergeben, daß der Verbraucher zu seinem eigenen Schaden und durch eigenes Verschulden die Garantieverpflichtungen der Firma beschränkt, die seine Maschine geliefert hat.

In einzelnen Fällen kann die Vergrößerung der radialen Länge unschädlich sein. Zu Bestellungen, in denen unsere Kunden längere radiale Bürstenmaße vorschreiben, bemerken wir:

Wir müssen für Bürsten anormaler Länge besondere Formen anfertigen oder besondere Arbeitsmethoden anwenden. Dadurch werden solche Bürsten in jedem Falle teurer als normale und können auch nicht mit denselben Fristen geliefert werden. Es ist deshalb auch in diesen Fällen vorteilhafter, sich an die normalen Bürstentypen zu halten.

VII. Tafel zur Ermittlung der Umfangsgeschwindigkeiten



Man sucht die dem Durchmesser entsprechende senkrechte Linie (Zahlen oben) und die der Drehzahl entsprechende waagerechte (Zahlen links). Die durch den Schnittpunkt gehende (oder gedachte) schräge Linie gibt dann die Umfangsgeschwindigkeit in Meter pro Sekunde

SIEMENS - PLANIAWERKE

Kohlebürsten-Fragebogen (Zutreffendes bitte unterstreichen)

Firma: Ort:

Anlage zum Schreiben:

1. Die verlangten Bürsten sind bestimmt für:

Gleichstromgenerator, -motor, -erregemaschine, Wechsel-(Dreh-) strom-Synchron-Generator, -Mo- tor, -Blindleistungsmaschine Drehstrom-Asynchron-Motor- Blindleistungsmaschine	Einanker-Kaskadenumformer, Mo- torgenerator, Wechsel- oder Dreh- strom-Kommutatormotor, Dreh- strom-Erregemaschine Baujahr (ungefähr)
---	---	--------------------------

2. Leistungsschildangaben:

Erbauer der Maschine: Maschinen-Type:

Nr.: Spannung: Volt;

Leistung (dauernd): kW, kVA, PS; Frequenz: Per/sek.

Strom: Amp.	Läufer- {	spannung: Volt
Drehzahl: Umdr/min.		strom: Amp.
	Erregung: {	..... Volt
		..... Amp.

3. Bürstenmaße (Type) und Stückzahl:

a) Abmessungen: l = b = h = mm
(siehe Skizze am Schluß des Fragebogens).

Am besten Muster einsenden, auch wenn stark abgenutzt; sonst genaue Skizze, mit Armatur, Litzen, Schuh usw.

b) Gesamtanzahl der Kommutatorbürsten:
der Ringbürsten:

4. a) Bei Kommutatorbürsten:

Zahl der Bürstenbolzen:.....
Ist die Verteilung auf Kommutator-Umfang gleichmäßig?.....
(Sonst Skizze)
Anzahl der Bürsten auf einem Bolzen:.....
Werden „Vorlaufbürsten“ verwendet?.....
Sind Wendepole vorhanden?.....
Durchmesser des Kommutators:..... mm
Nutzbare Länge des Kommutators:..... mm
Breite einer Lamelle:..... mm
Werkstoff der Lamellen: Kupfer?..... Eisen?.....
Stärke der Isolation:..... mm
Werkstoff der Isolation:.....
Ist die Isolation ausgesägt?.....
Sind die Bürsten verstellbar?.....
(Drehbarer Bürstensatz, einstellbare Bürstenbrücke)

4. b) Bei Schleifringbürsten:

Führen die Schleifringe Gleich- oder Wechselstrom?.....
Zahl der Ringe:.....
Durchmesser der Ringe:..... mm; Breite der Ringe:..... mm
Baustoff der Ringe:.....
Sind die Ringe in Isolierstoff gebettet oder allseitig belüftet?.....
.....
Zahl der Bürsten auf jedem Ring:.....
Sind außerdem besondere Schmierbürsten aufgesetzt?.....
Anordnung der Bürsten auf Ring-Umfang: (Skizze!)

Strom je Ring: Amp.
Größte Spannung zwischen den Ringen Volt
Werden die Bürsten abgehoben?

5. Besonderes:

(Bitte in jedem Falle prüfen!)

Wird die Drehrichtung der Maschine gewechselt?

Ist die Maschine gekapselt oder offen?

Kommt gas-, säure- oder staubhaltige Luft
an den Kommutator (die Ringe)?

Läuft der Kommutator (Ringe) einwandfrei rund?

Ist die Maschine selbst Erschütterungen ausgesetzt?

Stehen die Bürsten radial? (Bei Schrägbürsten Laufrichtung in Skizze
angeben!)

Wie hoch ist der Bürstendruck, gemessen in Bewegungsrichtung
der Bürsten? g

Ist er bei allen Bürsten gleichmäßig?

Kann er geändert werden?

Sind die Bürsten in den Halterkästen leicht beweglich oder klemmen sie?
.....

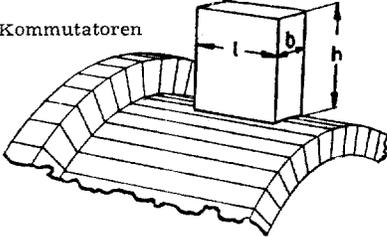
Welche Bürstenmarken wurden bisher verwendet?

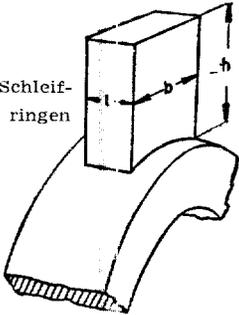
(Gelaufenes Muster erbeten)
.....
Welche Beobachtungen wurden dabei gemacht? Verschleiß, Feuern,
Erwärmung, Geräusch, Zustand der Bürsten-Lauffläche und des
Kommutators (der Ringe)?

Besondere Wünsche über die Ausführung der Bürsten, Form des
Schuhs usw.:

Ein einwandfreier Bürstenbetrieb ist nur bei ruhigem Lauf der Maschine
zu erreichen!

Bürstenmaße
lt. DIN VDE 2900
in Reihenfolge $l \times b \times h$ angeben!

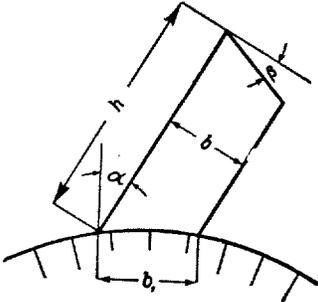
bei Kommutatoren 

bei Schleif-
ringen 

außerdem

$h =$ mm
 $b =$ mm
 $b_1 =$ mm
 $\alpha =$ °
 $\beta =$ °

Bei Schrägbürsten:
Winkel für Lauf- und Kopfschräge
(α, β) oder Breite an der Lauf-
fläche (b_1) angeben.



Kenn-Nr. 36

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

25X1

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5



Lichtkohlen

Kino-Reproduktionen. Therapie

SIEMENS

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS-PLANIAWERKE

BERLIN-LICHTENBERG

LICHTKOHLEN

FÜR KINO, REPRODUKTION
UND THERAPIE

AUSGABE 1948

S.P. 4513
Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

VORWORT

Vorliegender Katalog stellt sich zur Aufgabe, nicht nur eine Übersicht über die von den Siemens-Planiawerken für die Kinoprojektion und -aufnahme, für die Reproduktions- und Lichtpaustechnik und für die Lichttherapie hergestellten Lichtkohlen zu geben, sondern auch darüber hinaus einige Angaben zu bieten, die dem Besteller die Auswahl und die Verwendung der Lichtkohlen erleichtern sollen.

Der Katalog stellt eine Neubearbeitung nachstehender, während des Krieges vergriffener Kataloge dar:

1. Kino 5, Kohlestifte, Liste der Siemens-Plania-Kohlen für Kinoprojektion und -aufnahme (1939)
2. Kinokohlen (1942)
3. Anwendung und Markenwahl von Kohlestiften für die Reproduktions- und Lichtpaustechnik (1938)
4. Heillichtkohlen (1941)

INHALT

A. Einleitung	5
B. Allgemeines über Eigenschaften und Leistung der Lichtkohlen	
1. Kinokohlen	
a) Lichttechnische Grundbegriffe	6
b) Leuchtdichte der Reinkohlen und Beck-Kohlen	8
c) Leuchtdichteverteilung	10
d) Abbrandverhältnis	11
e) Strom- und Spannungscharakteristik des Kohlelichtbogens	12
f) Anschlußspannung der Kinobogenlampen	13
g) Markenübersicht und Belastungstabellen	15
2. Kohlen für die Reproduktions- und Lichtpausetechnik	20
3. Heillichtkohlen	22
C. Normen und Toleranzen	
1. Genormte Ausmaße der Reinkohlen	26
2. Genormte Ausmaße der Effektkohlen	28
3. Durchmesser-Toleranzen	30
D. Betriebsstörungen	
1. Allgemeines	31
2. Störungen bei Kinokohlen	
a) Überlastung der Kohlen	31
b) Deformation der Spitzen	33
c) Störungen an der negativen Kohle	33
d) feuchtgewordene Kohlen	34
e) Auftreten von schädlichen Verbrennungsgasen	35
3. Störungen bei Reproduktionskohlen	35
4. Störungen bei Heillichtkohlen	36
E. Die Fassung der Bestellungen	36

A. Einleitung

Bevor eine Anleitung zum Betrieb und zur Auswahl von Lichtkohlen gegeben wird, ist es notwendig, auf die Herstellung und Prüfung der Kohlen einzugehen. Manche Fehlerurteile über die Kohlen und Betriebsstörungen werden vermieden, wenn der Gang der Fabrikation bekannt und eine Vorstellung vorhanden ist, welche Summe von Erfahrungen und Kleinarbeit sich in den Kohlestiften vereinigt.

Die Rohstoffe sind, in ihrer natürlichen Form noch nicht verwendbar. Der erste Arbeitsgang besteht deshalb in der Aufbereitung der Rohstoffe; hierbei werden die für die verschiedenen Marken in Frage kommenden Kohlearten gemahlen, gesiebt und gemischt. Mit peinlicher Sorgfalt muß jede Verunreinigung vermieden werden. Das Gemisch wird plastisch gemacht und für den Preßvorgang vorbereitet. Aus hydraulischen Pressen werden dann die Kohlen als laufender Strang herausgepreßt. Bei der Herstellung von Dochkohlen wird kein massiver Strang erzeugt, sondern es werden Rohre gepreßt. Ein Stempelrädchen läuft am Preßmundstück auf der noch weichen Kohle ab und prägt die Kohlemarke und das Fabrikzeichen ein. Die sogenannten grünen Kohlen werden geschichtet, gebündelt und in Kammeröfen nach Art keramischer Körper gebrannt. Der Brennprozeß erfordert mit Aufheizen und Abkühlen mehrere Wochen, was bei der Lieferzeit berücksichtigt werden muß.

Aus den abgekühlten Tiegeln kommen die Kohlen als Halbfabrikat zur Fabrikationskontrolle in das Laboratorium, wo die physikalischen Konstanten festgestellt werden. Verschiedene Kontrollwerte dienen dazu, die Güte zu beurteilen. Die Stangen oder Rohre gelangen an das Lager der Halbfabrikate, von dem sie nach Bedarf für die weitere Bearbeitung angefordert werden.

Auf Grund von Aufträgen mit bestimmten Vorschriften werden die Kohlen jetzt gelehrt, zugeschnitten, abgeschliffen, angespitzt und gedocht. Die Beck-Kohlen und hochbelastbaren Wechselstromkohlen werden elektrolytisch verkupfert. Dieser Arbeitsgang erfordert besondere Aufmerksamkeit und wiederholte Kontrollen. Zu starke Verkupferung kann beinahe ebensoviel schaden wie zu schwache.

Die Lichtkohlen lassen sich in „Reinkohlen“ und „Effektkohlen“ einteilen, und in diesen beiden Gruppen unterscheidet man in „Homogenkohlen“ und „Dochkohlen“.

Kohlen mit Leuchtsalzen im Docht oder in der Masse verteilt, heißen Effektkohlen; alle Kohlen ohne Leuchtsalz, auch solche mit einem Docht, heißen Reinkohlen.

Hinsichtlich ihrer Anwendung ergeben sich für Reinkohlen und Effektkohlen grundsätzliche Unterschiede.



Bild 1. Der Reinkohlelichtbogen

B. Allgemeines über Eigenschaften und Leistung der Lichtkohlen

1. Kinokohlen

a) Lichttechnische Grundbegriffe

Die lichttechnisch ausschlaggebende Größe für die Leistung der Kinokohlen ist bei Gleichstrom die Leuchtdichte des positiven Kraters, bei Wechselstrom die Leuchtdichte einer der beiden Elektroden.

Der Lichtstrom einer Lichtquelle ist die gesamte von ihr ausgestrahlte, vom Auge als Licht bewertete Leistung. Die Einheit des Lichtstromes ist das Lumen.

Die Leuchtdichte einer leuchtenden Fläche ist das Verhältnis aus der Lichtstärke und der Größe der Fläche in derselben Blickrichtung. Sie wird angegeben in Hefnerkerzen pro mm^2 oder in Stilb (HK/cm^2).

Die Beleuchtungsstärke einer Fläche ist das Verhältnis aus dem auf die Fläche fallenden Lichtstrom und der Größe der Fläche. Die Einheit der Beleuchtungsstärke heißt ein Lux.

Die Reflexion eines Schirmes ist das Verhältnis des von der Wand zurückgestrahlten Lichtstromes zu dem eingestrahnten Lichtstrom (Faktor ρ). Leider besteht kein einfacher Zusammenhang zwischen der Lichtleistung der Kohlen und der Schirmbeleuchtung. Man kann nur einen Wirkungsgrad der ganzen Anlage ansetzen und sagen, daß etwa 10 bis 15 % des erzeugten Lichtstromes auf die Wand gelangen. Der Film mit seiner ungleichmäßigen Durchlässigkeit erschwert noch weiter die Bewertung des Projektionslichtes. Man ist deshalb übereingekommen, die Beleuchtungsstärke der Wand bei laufender Maschine ohne Film anzugeben. Umfangreiche Untersuchungen über die Projektionsgüte haben gezeigt, daß die Schirmbeleuchtungsstärke bei Schwarz-Weiß-Bildern 100 Lux betragen soll. Wird diese Zahl mit der jeweiligen Schirmfläche in m^2 multipliziert, dann erhält man den am Projektionsobjektiv erforderlichen Lichtstrom. Beispielsweise sind für eine Wand von $20 m^2$ Fläche rund 2000 Lumen aufzuwenden. Man beachte, daß diese Berechnungen von der Projektionsweite unabhängig sind.

Es kann nicht ohne weiteres angegeben werden, welche Kohlen und welche Stromstärke notwendig sind, um einen aus der Anlage berechneten Lichtstrom zu erzielen, denn das Ergebnis hängt vom Spiegeldurchmesser, vom Nutzlichtwinkel und vom Öffnungsverhältnis des Objektivs ab. Man muß dazu die Tabellen der betreffenden Spiegellampe oder Kinomaschine einsehen und feststellen, unter welchen Bedingungen der

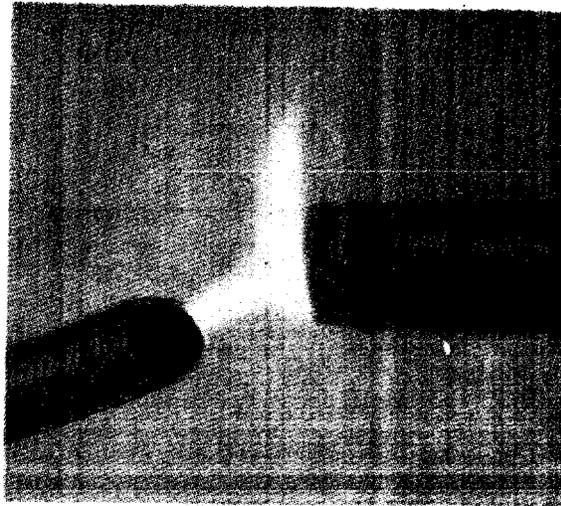


Bild 2.
Der Beck-Lichtbogen

In die Abbildung 3 ist auch die Leuchtdichte der Wechselstromkohlen von 7 mm \varnothing in Abhängigkeit von der Stromstärke eingezeichnet. Bei Wechselstrom bildet sich kein vertiefter Krater. Das Licht geht von zwei vor den Spitzen der Kohlen liegenden Dampfschichten aus, die nur bei kleiner Bogenlänge und hoher Stromdichte intensiv leuchten. Man erreicht Leuchtdichten von etwa 300 HK/mm² und hat dabei nur 25 bis 27 Volt an der Lampe, d. h. der Wattverbrauch ist nicht größer als der von Gleichstrom-Hochleistungslampen bei mittlerer Belastung. Die Schwierigkeiten der Wechselstromprojektion liegen außerhalb der Kohlen in der genauen Einhaltung der optischen Bedingungen. Jede Brennpunktverschiebung ist nicht nur mit starken Änderungen der Schirmbeleuchtung verbunden, sondern gibt auch farbige Streifen auf der Wand. Die Lichtfarbe ist rein weiß.

c) Leuchtdichteverteilung

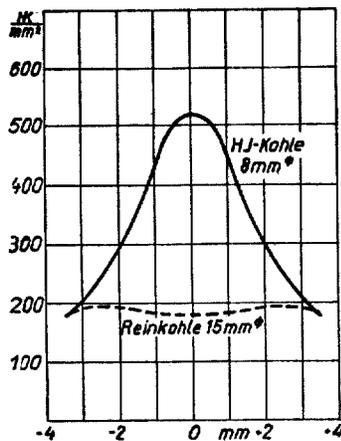


Bild 5. Leuchtdichteverteilung von Reinkohlen und Beck-Kohlen

Die Kinotechniker fordern eine gleichmäßige Schirmbeleuchtung. Wenn diese auch teilweise von der Objektivgüte abhängt, so ist doch die Leuchtdichteverteilung auf dem Krater ebenso wichtig. Die Abbildung 5 zeigt an einem Beispiel den bemerkenswerten Unterschied zwischen Reinkohle und Beck-Kohle. Es wird hier die Verteilung der Leuchtdichte dargestellt, wie sie in der durch die Kratermitte gehenden Horizontalen erscheint. Bei den Reinkohlen leuchtet die weißglühende Kohle gleichmäßig wie jeder feste Körper, mit einer geringen Verdunkelung durch den Docht in der Mitte. Diese über den Querschnitt konstante Leuchtdichte hat

auch in den Ecken der Abbildung denselben Wert. Es lohnt sich daher der Einsatz von rechteckigen Reinkohlen nicht; sie bringen, auf den Bildfensterquerschnitt bezogen, praktisch weder mehr Licht noch verbessern sie die Gleichmäßigkeit der Bildausleuchtung. Die durch die Form der Rechteckkohlen gegebene Masseverminderung wird durch höheren Abbrand und andere Umstände praktisch unwirksam.

Bei den Hochleistungskohlen liegt die höchste Leuchtdichte in der aus der Tiefe des Kraters strömenden Dampfwolke. Sie fällt zum Rande hin auf die normale Helligkeit der Reinkohle ab. So ergibt sich eine in Bild 5 dargestellte ungleichmäßige Verteilung über den Kraterquerschnitt. Da die Kratergröße vergleichsweise bei den schwächeren Beck-Kohlen geringer ist als bei den Reinkohlen, wird man erstere etwas vergrößert auf dem Filmfenster abbilden. Diesen Bedingungen entspricht die Kurvenform der Spiegel in modernen Hochleistungsbogenlampen.

Ein anderer, sehr wesentlicher Unterschied zwischen Reinkohle und Beck-Kohle ist die Lichtfarbe. Über die wünschenswerte Lichtfarbe bei schwarz-weißen Bildern sind die Ansichten geteilt. Jedenfalls wird durch weißes Licht der Kontrast, die Bild- und Tiefenschärfe erhöht. Alle Reinkohlen geben ein etwas gelblich-weißes Licht; wirklich weiß ist nur das Beck-Licht und kommt, da es praktisch die Farbe des Sonnenlichtes besitzt, allein zur Wiedergabe von Farbfilmen in Frage, auch deshalb, weil diese im allgemeinen mehr Licht verlangen, als man mit Reinkohlen erzielen kann.

d) Abbrandverhältnis

Für den Betrieb ist die Abbrandgeschwindigkeit der Kohlen wichtig. Die Reinkohlepaare nach den Tabellen auf S. 17, sowie alle Wechselstromkohlen brennen gleichmäßig ab. Die Belastungen sind auch so festgesetzt, daß man mit einem stündlichen Verbrauch von 50 mm rechnen kann. Die Leistungssteigerung der Beck-Kohlen gegenüber Reinkohlen erfordert naturgemäß größeren Aufwand, entweder in der Stromstärke oder aber im Verbrauch der betreffenden Beck-Kohle, der dann ein Mehrfaches des Verbrauches der Reinkohle beträgt. Der Zahlenwert hängt von der Belastung ab. In Abbildung 6 ist das Beispiel der Abbrand von positiven und negativen Beck-Kohlen von $8 \times 6,5$ mm \varnothing im Bereich von 40—70 Amp. dargestellt. Das Diagramm zeigt die starke Zunahme des Abbrandes der positiven Kohle mit der Stromstärke, während die negative Kohle ziemlich unabhängig davon ist, d. h. das Abbrandverhältnis ist immer ungleich und von Stromschwankungen abhängig. Bei Lampen mit automatischem Vorschub wird diesem Umstand dadurch Rechnung getragen, daß die Kohlen ungleich vorgeschoben werden. Der Vorfürer muß aber beachten, daß ein eingestellter Vorschub nur für eine bestimmte Belastung richtig ist. Wird die Stromstärke geändert, dann hat die Abbrandverschiebung Brennpunktwanderung, Lichtverluste am Filmfenster und Farbenwechsel auf der Wand zur Folge. Die

Belastungstabelle für Kinokohlen ist so aufgebaut, daß bei der jeweils vorgeschriebenen Stromstärke das angegebene Abbrandverhältnis erreicht wird. Freilich sind dabei bestimmte Lampen und Betriebsbedingungen angenommen, die dem heutigen Stand der Technik entsprechen. Der Abbrand der Kohlen ist z. B. immer von der Kohlenstellung und der Bogenlänge abhängig. In der Kinopraxis liegt das Abbrandverhältnis der Beck-Kohlen zwischen den Grenzen 1,5 : 1 und 4 : 1. Bei einem mittleren Verbrauch der negativen Kohlen von 100 mm/St. kann man mit einem Abbrand der positiven Kohlen von 150—400 mm pro Stunde rechnen. Die Nutzkohlenlänge muß der Laufzeit der Filme angepaßt sein.

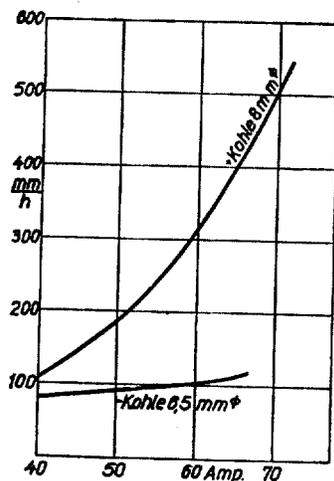


Bild 6. Abbrand der Beck-Kohlen in Abhängigkeit von der Stromstärke

e) Strom- und Spannungscharakteristik des Kohlelichtbogens

Die Anschlußspannung und die automatische Regulierung des Kohlevorschubs sind von der Lichtbogenspannung abhängig. Wiederum bestehen erhebliche und wesentliche Unterschiede zwischen Reinkohlen und Effektkohlen. Der Widerstand des Lichtbogens, d. h. einer Gasstrecke, folgt nicht dem Ohmschen Gesetz und hat im allgemeinen eine fallende Charakteristik. Die Abbildung 7 zeigt die Größenordnung und Änderung der Bogenspannung in Abhängigkeit von der Stromstärke. Die Reinkohlen haben in dem üblichen Strombereich praktisch konstante Bogenspannung (Kurve I). Diese ist auch bei den verschiedenen Marken und Belastungen nicht sehr unterschiedlich und liegt zwischen 45 und 55 Volt. Die schwach belasteten Effektkohlen haben ebenso wie die Wechselstromkohlen bei

derselben Bogenlänge Spannungen an den Klemmen der Lampe von 25 bis 27 Volt. Wird bei Gleichstrom die Stromstärke erhöht, dann nimmt die Bogenspannung, wie die Kurve II der Abbildung zeigt, zunächst noch etwas ab, beginnt aber bei einer bestimmten Belastung zu steigen. Dieser Punkt ist äußerst wichtig und bezeichnend für Hochleistungskohlen. Bei ihm setzt der Beck - Effekt ein, und Leuchtdichte und Gasdruck aus dem positiven Krater werden immer höher. Durch den Wendepunkt der Spannungskurve ist diejenige Stromstärke festgelegt, welche mindestens angewendet werden muß, um die gewünschte Lichtsteigerung zu erreichen. Es ist zu bemerken, daß die Kurven für Kohlen anderer Durch-

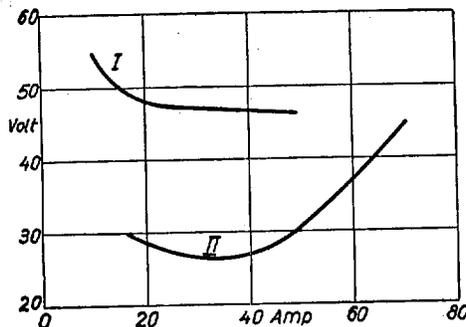


Bild 7. Strom-Spannungs-Charakteristik des Bogenlichtes, I. Reinkohle 15 mm ϕ ; II. Beck-Kohle 8 mm ϕ

messer dem Beispiel parallel laufen. Im praktischen Arbeitsbereich der Beck-Lampen nimmt die Bogenspannung linear mit der Stromstärke zu. Da auch die Bogenlängen wegen der stärkeren Dampfentwicklung immer größer werden, kommt man bei 75 Amp. zu Lampenspannungen von 45—50 Volt, wie bei Reinkohlen, und braucht bei 125 Amp. etwa 70 Volt allein für den Lichtbogen.

f) Anschlußspannung der Kinobogenlampen

Zur Begrenzung der Stromstärke braucht jede Gasentladung mit negativer Charakteristik einen Vorschaltwiderstand. Aus der Spannung an diesem Widerstand und an der Lampe ergibt sich die gleichstromseitige Anschlußspannung, die bei Reinkohlen und Beck-Kohlen verschieden groß sein kann. Man könnte die Kinolampen mit Vorwiderstand an beliebig hohe Gleichspannung legen, aber mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit wird man die Verluste am Vorwiderstand möglichst klein zu halten versuchen. Da in den meisten Fällen nur Wechselstromnetze vor-

handen sind, ist für Gleichstrombetrieb ein Umformer erforderlich. Zugleich mit den Spiegelbogenlampen sind Sparumformer eingeführt worden, deren Generatorspannung leider zu gering war. Diese Einankerumformer haben später, als die Belastung der Kohlen durchschnittlich größer wurde, manchmal Schaden angerichtet, dessen Ursache vielfach nicht erkannt wird. Zunächst lehrt eine einfache Rechnung, daß die Zündstromstärken unzulässig hoch werden, wenn nicht mit Anlaßwiderstand gezündet wird. Zum Betriebe einer Reinkohlenspiegellampe von 30 Amp. 50 Volt gehört an 70 Volt Gleichspannung ein Vorschaltwiderstand von 0,67 Ohm. Da die Zündspannung etwa 15 Volt beträgt, erhält man eine Zündstromstärke von $(70-15) : 0,67 = 82$ Amp. Es ist klar, daß die Kohlen einer derartigen Beanspruchung nicht gewachsen sind und infolge lokaler Überhitzung reißen. Der schädliche Einfluß zu niedriger Anschlußspannung auf die Lichtruhe und Gleichmäßigkeit kann aus der Abbildung 8

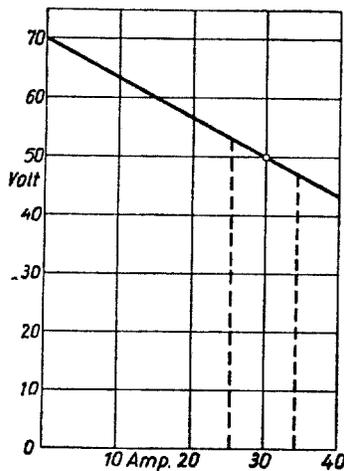


Bild 8. Arbeitsdiagramm einer Reinkohlenspiegellampe

abgelesen werden. Es ist wieder eine Gleichstromlampe von 30 Amp. 50 Volt angenommen, die an 70 Volt Umformerspannung liegt. Bei Spannungsänderungen von ± 3 Volt am Bogen infolge Handregulierung der Kohlen ändert sich die Stromstärke zwischen 25 und 35 Amp. Die für 30 Amp. betriebssicheren Kohlen werden bei 35 Amp. bereits zischen, außerdem besteht die Gefahr, daß der Bogen abreißt. Daraus ist die wichtige Forderung abzuleiten, daß die gleichstromseitige Umformerspannung zum Anschluß von Spiegelbogenlampen für Reinkohlen mit Regelwiderstand mindestens 80 Volt betragen soll. Bei den verkupferten

Beck-Kohlen ist die Bogenspannung geringer, wenn die Kohlen axial angeordnet sind und mit 30—60 Amp. gearbeitet wird. Sie hängt außerdem stärker vom Strom ab, und zwar nimmt die Bogenspannung im Gegensatz zu der bei Reinkohlen mit der Stromstärke zu (siehe Bild 7, II). Für den Theaterbetrieb folgt daraus, daß alle Einankerumformer für Beck-Licht nicht wirtschaftlich sind, denn die im Vorwiderstand zu vernichtende Energie ist wegen der kleinen Bogenspannung und hohen Stromstärke bedeutend größer. Man wird also die neuen Hochleistungslampen wirtschaftlicher betreiben müssen, wozu heute alle Möglichkeiten technisch durchgebildet sind. Der wichtigste Fortschritt auf diesem Gebiet ist der Betrieb ohne Vorwiderstand mit Spezialumformern oder mit Gleichrichtern, bei denen zur verlustlosen Regelung der Stromstärke Drosselspulen auf der Wechselstromseite eingebaut sind. Diese Anschlußmöglichkeiten werden hier deshalb erwähnt, weil sie von den Eigenschaften des Lichtbogens abhängig sind und bei der Anlage durchaus berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise kann nicht jedes Nachschubrelais für alle Anschlußarten benutzt werden, oder die an der Bogenspannung liegenden Nachschubmotoren müssen umgeschaltet werden, wenn von Reinkohlenbetrieb mit 50 Volt auf Beck-Kohlen mit 35 Volt Lichtbogenspannung übergegangen wird. Bei „widerstandslosem“ Betrieb müssen abschaltbare Vorwiderstände die hohen Zündstromstärken herabsetzen. Die Nichtbeachtung dieser Zusammenhänge hat Störungen zur Folge, die manchmal zu Unrecht den Kohlestiften zugeschrieben werden.

g) Markenübersicht

Marke	Verwendungsgebiet	Technische Daten		
		Belastung A	Durchmesser in mm pos. Kohle A Docht	neg Kohle A homeg.
Reinkohle Marke A	Kleinkinos und Dia- und Mikroprojektion, bei niedriger Belastung	3—5	5	4
		5—8	8	6
		8—10	10	7
		10—12	11	8
		12—15	12	9
		15—20	14	10
		20—25	15	11
		Lichtbogenspanng. 46—50 Volt		
		Lichtbogenlänge 2— 5 mm		
Reinkohle Marke Super-Bio	Kinoprojektion, bei mittlerer Belastung	vgl. die nachfolgende Belastungstabelle		
Reinkohle Marke SA	Kinoprojektion, Diaprojektion usw., bei höherer Belastung; auch für Aufnahme-lampen und Bühnenscheinwerfer verwendbar	vgl. die nachfolgende Belastungstabelle		

Marke	Verwendungsgebiet	Technische Daten		
		Belastung A	Durchmesser in mm pos. Kohle | neg. Kohle A-Docht | A nomog.	
Effektkohle Marke 201 schneeweiß, verkupfert	Kinoprojektion usw.; unverkupfert auch als Wechselstromkohle ge- eignet	vgl. die nachfolgende Be- lastungstabelle		
Effektkohle Marke 301 schneeweiß		dient verkupfert und un- verkupfert als Wechsel- stromkohle		
Effektkohle Marke 10625 schneeweiß oder gelb. verkupfert		Aufhellerkohle für Kino- aufnahmen, Bühnen- scheinwerfer usw.	10625	Super-Bio- Docht
		40-60	10	8
		60-80	14	10
		80-100	16	11
		100-120	18	12
		120-150	22	14
		150-175	25	15
		175-200	30	18
		200-250	34	20
		Lichtbogenspannung 55-60 Volt Lichtbogenlänge 20-25 mm		
			Bio-Solray	Super-Bio- Docht neg. verkupf.
Effektkohle Marke Bio-Solray schneeweiß, unverkupfert	Spezialkohle für Hoch- leistungslampen mit ro- tierenden Kohlen; dient auch als Aufhellerkohle	50-75	9	8
		75-90	11	9
		120-130	13,6	11
		130-150	16	12
		Lichtbogenspannung 55-75 Volt Lichtbogenlänge 18-25 mm		
Hochleistungs- Effektkohle Marke Kohinoor, verkupfert	Kinoprojektion, bei hoher Belastung	vgl. die nachfolgende Be- lastungstabelle		
Hochleistungs- Effektkohle Marke Mogul, verkupfert	Kinoprojektion, bei beson- ders hoher Belastung. Un- verkupfert und als hoch- belastbare Wechselstrom- kohle verwendbar	vgl. die nachfolgende Be- lastungstabelle		
Hochleistungs- Effektkohle Marke Super-Mogul, verkupfert	Kinoprojektion, bei höch- ster Belastung	vgl. die nachfolgende Be- lastungstabelle		
Hochleistungs- Effektkohle Marke Nepolar, verkupfert	dient als negative Kohle in Verbindung mit posi- tiven Kohlen der Marken Kohinoor, Mogul und Su- per-Mogul	vgl. die nachfolgende Be- lastungstabelle		

Belastungstabellen
für Kinokohlen (Kohlepaare)

	Belastung A	Kohledurchmesser in mm		Licht- bogen- spannung V	Licht- bogen- länge mm	Abbrand- verhältnis
		pos.	neg.			
A. Reinkohlen.						
I. Marke Super-Bio	10-15	10	6 homog.	48-55	3-5	1:1
	15-20	11	7 "			
	20-25	12	8 "			
	25-30	13	9 Docht			
	30-35	14	10 "			
II. Marke SA	20-25	12	8	48-50	3-6	1:1
	25-30	13	9			
	30-35	14	10			
	35-40	15	11			
	40-45	16	12			

B. Effektkohlen (Beck-Kohlen)

III. Marke Kohinoor/ Marke Nepolar	25	5	4	23-28	3-8	2,5:1
	35	6	4,5			
	45	7	6			
	55	8	6,5			
	65	9	7			
IV. Marke Mogul/ Nepolar	45-55	7	6	32-60	5-12	v. 2,5:1 b. 5:1
	55-65	8	6,5			
	65-75	9	7			
	70-80	10	7,5			
	75-90	11	8			
	85-105	12	9			
	100-125	13	10,5			
	120-150	14	12			
V. Marke Super- Mogul/Marke Nepolar	110	10	9	55-75	18-25	v. 2,5:1 b. 5:1
	125	11	10			
	145	12	11			

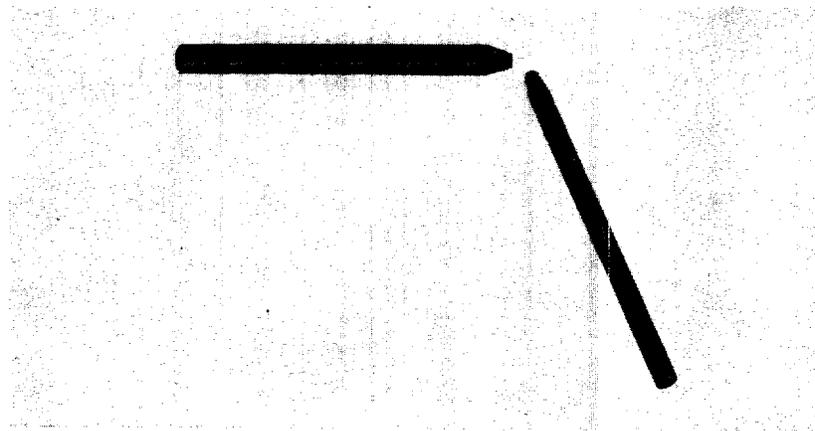
Außerhalb des Rahmens vorstehender progressiver Belastungsstufen können für Sonderzwecke auch andere Kombinationen von Kohlen verwandt werden, wie z. B.

VI. Marke Effekt 201 schneeweiß/Mar- ke Super-Bio Docht, negativ, bzw. Marke Ne- polar	30	11	8	24-28	8	1:1,3
---	----	----	---	-------	---	-------

Bild 9: Einige Beispiele der gebräuchlichsten Kino-Kohlepaare



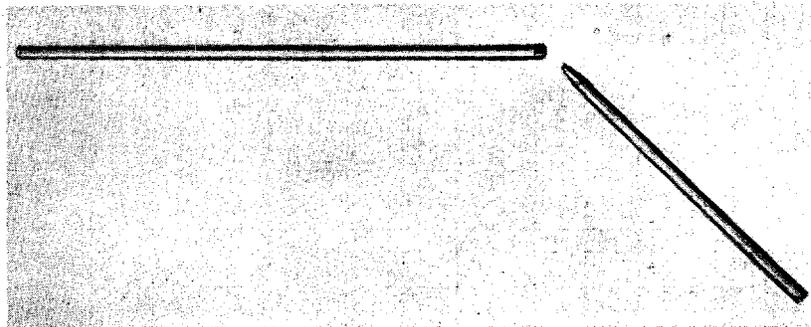
Marke Super-Bio für Gleichstrom-Spiegellampen



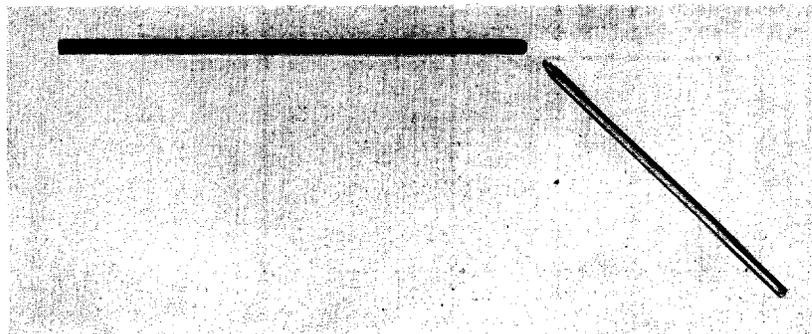
Marke SA für Gleichstrom-Spiegellampen



Marke Koh-i-noor, Nepolar für Beck-Lampen v. 25 bis 65 A.



Marke Mogul/Nepolar für Beck-Lampen v. 80 bis 150 A



Marke Super-Mogul/Nepolar für Beck-Lampen v. 100 bis 200 A

2. Kohlen für Reproduktions- und Lichtpaustechnik

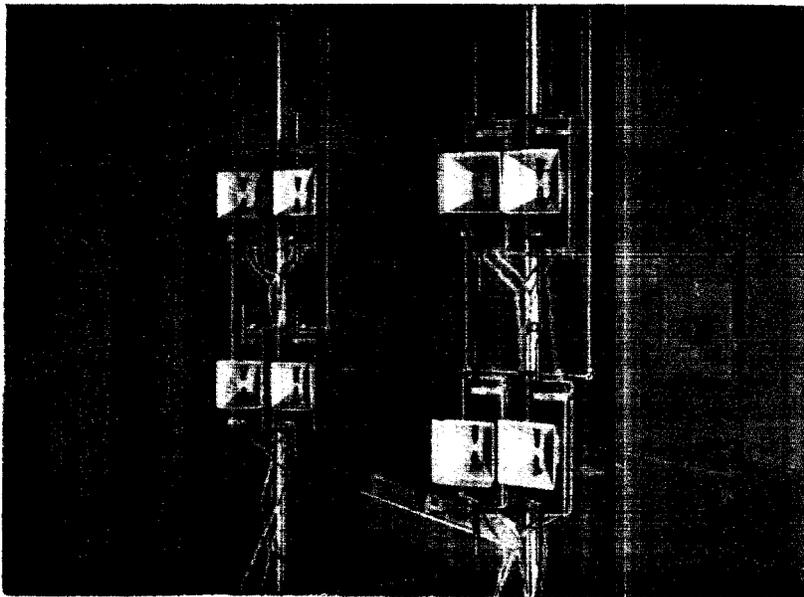


Bild 10. Reproduktionslampen

Die Kopier- und Reproduktionsverfahren der graphischen Technik haben die Verbreitung geeigneter Bogenlampen sehr gefördert. Den photochemischen Verfahren ist gemeinsam, mit chemisch wirksamen Strahlen lichtempfindliche Schichten auf Metall, Papier oder Leinwand zu belichten, um Bilder oder Zeichnungen darauf zu übertragen. Um die Kopierzeiten kurz zu halten und wirtschaftlich zu arbeiten, kommt Licht in Frage, das in dem Empfindlichkeitsbereich der photographischen Schichten möglichst intensiv ist. Am geeignetsten ist ein Kohlelichtbogen, der violettes und langwelliges ultraviolettes Licht liefert. Aus diesem Grunde werden für Lichtpausverfahren aller Art meist Bogenlampen verwendet, die sich ganz allgemein in die beiden nachstehenden Klassen einteilen lassen.

„Kopierbogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen“ sind Reinkohlebogenlampen, bei denen der von der Außenluft abgeschlossene Lichtbogen mit hoher Spannung brennt; „Kopierbogenlampen mit offenem Lichtbogen“ dagegen brennen in der Regel mit Effektkohlen, die ein blauweißes, tageslichtähnliches Licht ergeben.

Reinkohlen brennen an freier Luft bei etwa 45—50 Volt Lichtbogenspannung mit einem kaum leuchtenden, kurzen Lichtbogen. Wird aber der Lichtbogen zwischen Reinkohlen gut abgedichtet gegen die Außenluft gebrannt, so gelingt es, sowohl bei Gleichstrom als auch bei Wechselstrom,

einen langen Lichtbogen von hoher Spannung mit ausreichender Licht-
ruhe zu erhalten, der ein chemisch wirksames, aktinisches Licht von
violetter Farbe ausstrahlt. Die Intensität dieses Lichtes hängt von der
Lichtbogenlänge oder mit anderen Worten von der Lichtbogenspannung
ab. Es gibt zwei Wege, zu einer ausreichenden Lichtbogenlänge zu ge-
langen: einmal können Lampen mit hoher Lichtbogenspannung ver-
wendet werden, die eine Netzspannung von 220 Volt erfordern, oder man
kann, wo diese nicht zur Verfügung steht, auch mit 80 Volt Lichtbogen-
spannung auskommen und solche Kohlen verwenden, die einen relativ
langen Lichtbogen erzeugen. Beide Möglichkeiten haben sich für Gleich-
und Wechselstrom praktisch bewährt. Man unterscheidet also Lampen
für Einzelschaltung an 110 Volt mit 80 Volt Lichtbogenspannung und
Lampen für Einzelschaltung an 220 Volt mit etwa 160 Volt Lichtbogen-
spannung. Die Stromstärke liegt zwischen 10 und 15 Ampere, und der
Kohlendurchmesser beträgt einheitlich 13 mm; kleinere Lampen mit
11 mm starken Kohlen sind verhältnismäßig neu.

Die 80-Volt-Kopierlampe ist bei gleicher Stromstärke nur etwa ein
Fünftel so wirksam wie die 160-Volt-Lampe. Wenn erstere auch nur den
halben Wattverbrauch hat, so erfordert sie doch die fünffache Kopierzeit,
ist also weniger wirtschaftlich. Nur bei 110 Volt Gleichstrom kann daher
die Anschaffung einer 80-Volt-Lampe empfohlen werden, während man
bei 110 Volt Wechselstrom mit einem Transformator für 220 Volt sekun-
där und der Hochspannungslampe günstiger arbeitet.

Kohlemarken für Reproduktions- und Lichtpausanlagen

Lfd. Nr. Nr.	Type der Lampe bzw. Apparatur	für welche Stromart	Marke
1.	Reproduktionslampen mit eingeschlossenem Lichtbogen	a) Gleichstromlampe normal b) Gleichstrom 80 Volt c) Wechselstromlampen jeder Art	Reinkohlen Marke E a) Marke E homogen b) Marke E Hochspannung (m. Docht) c) Marke E Hochspannung
2.	Kopier- und Reproduktionslampen mit offenem Lichtbogen a) Kopierlampen b) Reproduktionslampen	a) Gleichstrom oder Wechselstrom	a) Effektkohlen Marke 301 schneeweiß b) Effektkohlen Marke Photolit
3.	Kopiertische mit Schrägkohlelampen	a) Gleichstrom b) Wechselstrom	a) Effektkohlen Marke 201 schneeweiß mit Marke SA-positiv als negativer Kohle b) Effektkohlen Marke Photolit
4.	Differentialbogenlampen (offen)	Gleich- u. Wechselstrom	Effektkohlen Marke 301 schneeweiß

3. Heillichtkohlen

Die Anwendung des Kohlelichtbogens in der Strahlentherapie ist in der Hauptsache auf Krankenbehandlung beschränkt. Die Durchführung der Lichttherapie muß in Händen der Ärzte bleiben, die auch die Dosierung nach Art der Lampe, der Entfernung und Hautempfindlichkeit bestimmen. Deshalb kann der Hersteller der Kohlen nicht die zur Behandlung bestimmter Krankheiten notwendige Strahlung und ihre Dosierung angeben. Dies kann nur ein mit der Strahlentherapie vertrauter Arzt tun, und zwar nur auf Grund seiner klinischen Erfahrungen.

Die Bestrahlung mit Kohlelichtbogen hat sich bewährt zur:

1. Verhütung und Heilung von Rachitis,
2. Heilung von Lupus und bestimmter Fälle chirurgischer Tuberkulose,
3. Heilung von Hautkrankheiten,
4. Heilung von Geschwüren, Verstauchungen, Hautschwellungen und Muskelschmerzen durch Temperaturerhöhung,
5. Linderung des Reizes entzündeter Stellen mit gefiltertem Bogenlicht,
6. allgemeinen Körperbestrahlung im Sinne unspezifischer Reiztherapie.

Die antirachitische Wirkung des ultravioletten Lichtes ist seit Jahren allgemein anerkannt. Die spezifische Wirkung des Kohlelichtbogens bei der Heilung von Rachitis ist von Heß und Unger im „J. Am. Med. Ass.“ 78 (1922), p. 1596, beschrieben worden; auch Huldschinsky liefert im „Br. J. Act. Therap.“ Okt. 26, p. 20—22, hierzu einen Beitrag. Neuerdings ist gezeigt worden, daß nicht alle Wellenlängen des ultravioletten Lichtes gleich gut zur Behandlung von Rachitis geeignet sind. Besonders wirksam ist hierfür die ultraviolette Strahlung von 280 $m\mu$. In Amerika werden abgelagerter Lebertran und Milch in größeren Anlagen bestrahlt, um die antirachitische Wirkung zu erneuern bzw. zu verstärken. Dabei wird Ergosterin in Vitamin D verwandelt, das die stark antirachitische Wirkung ausübt. Da sehr kurzwelliges Licht dabei nicht erwünscht ist, werden Kohlen der Marke Effekt schneeweiß verwendet (s. Spektraltafel Abb. 10).

Die Lichtheilmethode ist durch Finsen Ende des vorigen Jahrhunderts begründet worden, der für die Behandlung von Hauttuberkulose den Nobelpreis vom Jahre 1903 erhielt. Dieser Forscher verwendete in Speziallampen nur Reinkohlen der Marke A (s. Spektraltafel) und heilte Lupus kosmetisch, d. h. ohne Narbenbildung. Dabei wird alle lästige Hitze in Wasserröhren absorbiert und das kurzwellige Ultraviolett mit entsprechenden Filtern ausgeschaltet. Es wirkt also nur das langwellige Ultraviolett, vor allem die Strahlung der Cyanbanden mit dem Schwerpunkt bei 388 $m\mu$, deren Tiefenwirkung eben ausreicht, ohne die Haut zu zerstören. Die Nachfolger von Finsen haben auf diesem Gebiet weiter-

gearbeitet und die erfolgreichen Finsen-Reyn- und Finsen-Lombolt-Lampen geschaffen. Diese sind im „Br. Med. J.“ vom Sept. 23 bzw. im „Br. J. Dermatology“ 35 (1923), p. 45—49, beschrieben. Mit unserer Unterstützung sind dann im Finsen-Institut Versuche mit Effektkohlen aufgenommen worden, die zu beachtlichen klinischen Erfolgen geführt haben.

Die Kohlen werden in Durchmessern von 5—16 mm und Längen von etwa 300 mm hergestellt. Bei Gleichstrom können sowohl zwei Kohlen gleicher Marke paarweise als auch eine positive Heillichtkohle mit einer negativen Reinkohle zusammen verwendet werden, während bei Wechselstrom stets zwei gleichartige Heillichtkohlen erforderlich sind.

Heillichtkohlen

Marke	Farbzeichen	Erythem-Schwellenwert	%o-Strahlung im Bereich				
			170 bis 290 m μ	290 bis 350 m μ	350 bis 450 m μ	450 bis 600 m μ	600 bis 1200 m μ
Eisen-W-B	blau-gelb	100	2,8	2,1	4,8	3,1	87,2
Eisen-Ni	blau-grün	75	2,8	2,7	4,6	1,9	88,0
Eisenlicht	blau	70	3,1	2,3	5,2	1,6	87,8
Nickellicht	grün	50	2,6	3,1	3,9	2,3	87,9
Effekt schneeweiß	weiß	35	2,1	2,0	9,0	9,8	77,1
Effekt rot	rot	30	1,1	2,0	4,0	12,8	80,1
A-Docht	—	10	0,2	1,0	2,1	2,2	93,5

Alle Werte der vorhergehenden Tabelle, welche die Verteilung der Strahlungsenergie auf fünf wichtige Spektralgebiete in Prozenten der Gesamtstrahlung angibt, betreffen physikalisch gleiche Bedingungen, d. h. gleiche Stromstärke, gleiche Lichtbogen-spannung und gleiche Entfernung, sowie gleiche Durchmesser für übereinanderstehende Kohlen in schirmloser Experimentierlampe.

Der Schwellenwert in der dritten Spalte der Tabelle ist von zahlreichen Bestrahlungsversuchen am menschlichen Körper abgeleitet und auf die stark wirkende Marke Eisen-W-B gleich 100 bezogen.

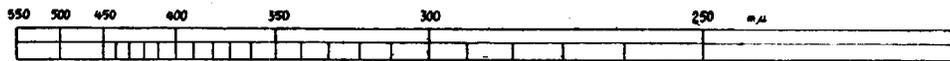
Aus nachstehender Tabelle sind die für die verschiedenen Kohledurchmesser einzuhaltenden Stromstärken zu entnehmen:

Stromstärke	Kohledurchmesser mm		
	Gleichstrom		Wechselstrom paarweise
	+	-	
4-6	5	4	5/5
6-8	6	5	6/6
8-12	8	6	8/8
12-18	10	8	10/10
18-25	13	10	13/13
25-30	16	12	16/16

Die Lichtbogenspannung beträgt für übereinanderstehende Reinkohlen bei Gleich- und Wechselstrom 55 V; bei allen Effektkohlen ist sie niedriger und liegt bei Gleichstrom zwischen 35 und 40 V, bei Wechselstrom zwischen 30 und 35V.

Die Heillichtkohlen sind mit Ausnahme der Reinkohlemarke A mit eingepprägtem Laufstempel „Heillicht“ gezeichnet. Die Unterscheidung erfolgt durch Farbstriche am Einspannende der Kohlen, deren Zuordnung aus der vorstehenden Tabelle zu entnehmen ist. Die Kohlen können verschieden angespitzt werden. In Bogenlampen mit parallel stehenden Kohlen hat sich eine kurze Facette besser bewährt als eine Spitze.

Spektraltafel



Eisen-W-B Licht



Eisen-Ni Licht



Eisen-Licht



Nickel-Licht



Effekt schneeweiß



Effekt rot



A Docht

C. Normen und Toleranzen

Genormte Ausmaße der Lichtkohlen nach DIN 15 742
(Durchmesser × Länge)
mm

1. Reinkohlen

Marke „A“, homogen

3 × 100	7 × 250	14 × 150
3 × 150	8 × 150	14 × 200
4 × 115	8 × 200	15 × 200
4 × 150	8 × 250	15 × 250
4 × 200	9 × 200	16 × 200
5 × 115	9 × 250	16 × 250
5 × 150	10 × 200	17 × 200
5 × 200	10 × 250	17 × 250
5 × 250	11 × 200	18 × 200
6 × 115	11 × 250	18 × 250
6 × 150	12 × 150	20 × 200
6 × 200	12 × 200	21 × 250
6 × 250	13 × 150	22 × 250
7 × 150	13 × 200	25 × 250
7 × 200	13 × 250	30 × 250

Marke „A“, Docht

4 × 150	10 × 200	16 × 150
4 × 200	10 × 250	16 × 200
5 × 150	11 × 150	16 × 250
5 × 200	11 × 200	17 × 200
6 × 150	11 × 250	18 × 250
6 × 200	12 × 150	19 × 250
6 × 250	12 × 200	19 × 300
7 × 150	12 × 250	20 × 250
7 × 200	13 × 150	20 × 300
7 × 250	13 × 200	21 × 250
8 × 115	13 × 250	22 × 250
8 × 150	14 × 150	22 × 300
8 × 200	14 × 200	23 × 250
8 × 250	14 × 250	24 × 250
9 × 115	15 × 150	25 × 250
9 × 200	15 × 200	30 × 300
9 × 250	15 × 250	31 × 300
10 × 150		

Marke „E“, homogen

7 × 300	11 × 110	12 × 350
8 × 250	11 × 225	12 × 450
9 × 110	11 × 350	13 × 110
9 × 300	11 × 450	13 × 225
10 × 220	12 × 110	13 × 350
10 × 350	12 × 225	13 × 400

Marke „E“, Hochspannung

9 × 110	11 × 225	12 × 450
9 × 225	11 × 350	13 × 110
9 × 300	11 × 450	13 × 225
10 × 110	12 × 110	13 × 350
10 × 300	12 × 225	13 × 400
11 × 110	12 × 350	

Marke „Super-Bio“, homogen

5 × 200	7 × 200	8 × 250
5 × 250	7 × 250	9 × 200
6 × 200	8 × 200	9 × 250
6 × 250		

Marke „Super-Bio“, Docht, negativ

8 × 200	10 × 200	12 × 200
8 × 250	10 × 250	12 × 250
9 × 200	11 × 200	13 × 200
9 × 250	11 × 250	13 × 250

Marke „Super-Bio“, Docht, positiv

9 × 200	12 × 200	14 × 250
9 × 250	12 × 250	15 × 200
10 × 200	13 × 200	15 × 250
10 × 250	13 × 250	16 × 200
11 × 200	14 × 200	16 × 250
11 × 250		

Marke „SA“, negativ

6 × 200	8 × 250	11 × 200
6 × 250	9 × 200	11 × 250
7 × 200	9 × 250	12 × 200
7 × 250	10 × 200	12 × 250
8 × 200	10 × 250	

Marke „SA“, positiv

7 × 220	11 × 200	14 × 200
8 × 200	11 × 250	14 × 250
8 × 250	12 × 200	15 × 200
9 × 200	12 × 250	15 × 250
9 × 250	13 × 200	16 × 200
10 × 200	13 × 250	16 × 250
10 × 250		

2. Effektkohlen

Marke „201“, schneeweiß

11 × 250

Marke „301“, schneeweiß, bzw. Marke Photolit

4 × 100	9 × 400	14 × 350
5 × 100	10 × 120	15 × 120
5 × 150	10 × 150	15 × 200
5 × 200	10 × 200	15 × 250
5 × 250	10 × 250	15 × 400
5 × 300	10 × 300	16 × 120
6 × 120	10 × 400	16 × 200
6 × 150	11 × 200	16 × 250
6 × 200	11 × 250	16 × 300
6 × 300	11 × 300	16 × 400
7 × 120	11 × 350	17 × 150
7 × 150	11 × 400	17 × 200
7 × 200	12 × 200	17 × 250
7 × 250	12 × 250	17 × 300
7 × 300	12 × 300	17 × 400
7 × 400	12 × 350	18 × 200
8 × 120	12 × 400	18 × 250
8 × 150	13 × 120	18 × 300
8 × 200	13 × 200	19 × 250
8 × 250	13 × 250	20 × 200
8 × 300	13 × 300	20 × 250
8 × 400	13 × 350	22 × 250
9 × 200	14 × 200	25 × 250
9 × 250	14 × 250	30 × 300
9 × 300	14 × 300	31 × 300

Marke „10 625“, schneeweiß, bzw. gelb

10 × 200	16 × 200	20 × 300
10 × 250	16 × 250	22 × 300
12 × 200	16 × 300	25 × 250
12 × 250	18 × 200	25 × 300
14 × 200	18 × 250	28 × 250
14 × 250	18 × 300	30 × 300
14 × 300	20 × 250	34 × 300

Marke „Bio-Solray“, schneeweiß

9 × 510	13,6 × 510	16 × 510
11 × 510		

Marke „Kohinoor“

5 × 300	6,5 × 440	6 × 250
5 × 350	7 × 250	8 × 300
6 × 250	7 × 300	8 × 350
6 × 300	7 × 350	8 × 400

6 × 350	7 × 400	8 × 440
6 × 400	7 × 440	9 × 300
6 × 440	7,5 × 250	9 × 350
6,5 × 250	7,5 × 300	9 × 400
6,5 × 300	7,5 × 350	9 × 440
6,5 × 350	7,5 × 400	10 × 300
6,5 × 400	7,5 × 440	11 × 350

Marke „Mogul“

5 × 250	7 × 350	9 × 300
5 × 300	7 × 400	9 × 350
5 × 350	7 × 440	9 × 400
6 × 250	7,5 × 250	9 × 440
6 × 300	7,5 × 300	10 × 250
6 × 350	7,5 × 350	10 × 300
6 × 400	7,5 × 400	10 × 350
6 × 440	7,5 × 440	10 × 400
6,5 × 250	8 × 250	11 × 300
6,5 × 300	8 × 300	11 × 350
6,5 × 350	8 × 350	12 × 300
6,5 × 400	8 × 400	12 × 350
6,5 × 440	8 × 440	13 × 300
7 × 250	9 × 250	13 × 350
7 × 300		

Marke „Super-Mogul“

9 × 325	10 × 440	12 × 325
9 × 440	11 × 325	12 × 440
10 × 325	11 × 440	

Marke „Nepolar“

4 × 250	6,5 × 200	9 × 300
4,5 × 200	6,5 × 250	10 × 200
4,5 × 250	6,5 × 300	10 × 250
4,5 × 300	6,5 × 350	10 × 300
5 × 200	6,5 × 400	11 × 200
5 × 250	7 × 200	11 × 230
5 × 300	7 × 250	11 × 250
5 × 350	7 × 300	11 × 300
5 × 400	7 × 350	12 × 250
5,5 × 200	7 × 400	12 × 300
5,5 × 250	7 × 440	13 × 200
5,5 × 300	7,5 × 200	13 × 250
5,5 × 350	7,5 × 250	14 × 200
5,5 × 400	7,5 × 300	14 × 250
6 × 200	8 × 200	16 × 200
6 × 250	8 × 250	16 × 250
6 × 300	8 × 300	18 × 200
6 × 350	9 × 200	18 × 250
6 × 400	9 × 250	20 × 250
6 × 440		

Heillichtkohlen

Marke Eisen-W-B-Licht	Marke Nickellicht	
Marke Eisen-Ni-Licht	Marke Effekt, schneeweiß	
Marke Eisenlicht	Marke Effekt, rot	
5 × 120	8 × 120	10 × 250
5 × 300	8 × 150	10 × 300
6 × 100	8 × 250	12 × 200
6 × 150	8 × 300	12 × 250
6 × 200	9 × 150	13 × 250
6 × 300	9 × 250	13 × 300
7 × 150	10 × 200	16 × 300

3. Durchmessertoleranzen für Lichtkohlen

Durchmessertoleranzen für Stifte \varnothing 3—10 mm $\pm 0,2$ mm

Durchmessertoleranzen für Stifte \varnothing 10—30 mm $\pm 0,5$ mm

D. Betriebsstörungen

1. Allgemeines

Der praktische Betrieb steht in dauerndem Kampf mit technischen Schwierigkeiten. Darum verläuft auch die Kinoprojektion trotz aller Sorgfalt und Aufsicht nicht ohne Störungen. Es darf aber nicht vergessen werden, daß die Vorführer in dem berechtigten Wunsche, die Leistung ihrer Anlage zu verbessern, häufig zu ungeeigneten Mitteln greifen, oder eine Leistung erzwingen wollen, die nach dem Stande der Technik nicht erreicht werden kann.

2. Störungen bei Kinokohlen

a) Überlastung der Kohlen

Der Kohlestift ist ein elektrischer Leiter und als solcher nur in gewissen Grenzen belastbar. Diese Grenzen sind in den Tabellen für jede Marke festgelegt. Dennoch treten die meisten Störungen im Kinobetrieb durch Überlastung der Kohlen auf; sie können sehr verschiedene Ursachen und

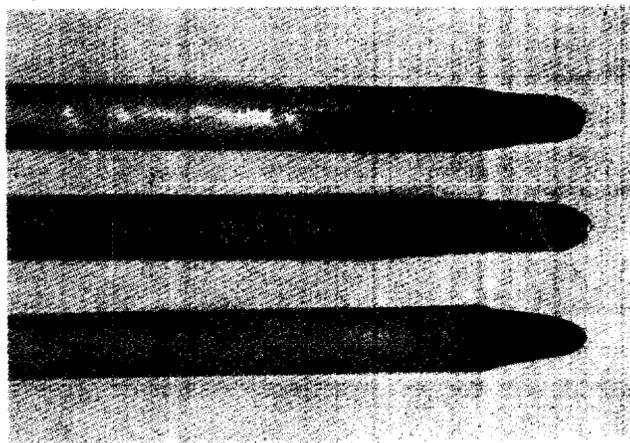


Bild 11. Negative Kohlen mit richtiger und falscher Spitze

Wirkungen haben. Am gefährlichsten sind kurzzeitige Überlastungen, welche dem Vorführer entgehen. Im Abschnitt über die Umformerspannung wurde beschrieben, wie Überlastungen beim Zünden und Regulieren der Kohlen auftreten, wenn die Anschlußspannung und infolgedessen der Vorwiderstand zu klein ist. Ebenso bedenklich ist Dauerbetrieb mit maxi-

malen Stromstärken, welcher bei Reinkohlen auch lichttechnisch wenig Zweck hat. Auch in solchen Fällen sind kurzzeitige Überlastungen zu befürchten, wenn sich die Spannungen am Bogen oder an der Lampe ändern. Die Wirkung der Überlastung ist bei positiven und negativen Kohlen verschieden. Durch hohe Zündstromstärken reißen die positiven, aber niemals die negativen Kohlen. Durch Überlastung verdampfen die Dochte der Reinkohlen und Beck-Kohlen vorzeitig und hinterlassen Löcher, die auf der Wand sichtbar werden. Besonders empfindlich scheint dafür die Winkellampe mit starken Reinkohlen (siehe Abb.12) zu sein, wenn sich der Krater schräg formiert.

Zischen des Reinkohlelichtbogens ist immer ein Zeichen von Überlastung. Die negativen Kohlen sind stets schwächer als die positiven und gegebenenfalls verkupfert. Wenn also die positive Kohle u. U. wegen ihres größeren Querschnittes noch standhält, beginnt schon die schwächere negative Kohle zu glühen. Als Folge ergibt sich die Bildung einer übermäßig langen Spitze, wie bei der Mittelkohle der Abbildung 11. Sind die Kohlen verkupfert, dann schmilzt das Metall vorzeitig, wie man bei der unteren Kohle derselben Abbildung erkennt, und die freigelegte Kohle zündert ab. Außerdem ist der Spannungsverlust in der Kohle größer, wodurch häufig der Bogen verkürzt wird. Bei unverkupferten Kohlen liegen die Stromgrenzen fest, bei verkupferten Kohlen hängt die zulässige Belastung von der Verkupferungsstärke ab. Zu starke Verkupferung muß vermieden werden. In Bestellungen auf verkupferte Beck-Kohlen darf deshalb die Angabe der Stromstärke nicht fehlen. Es ist ein verbreiteter Irrtum, daß mit dem Kupferrückschlag der Abbrand geregelt werden

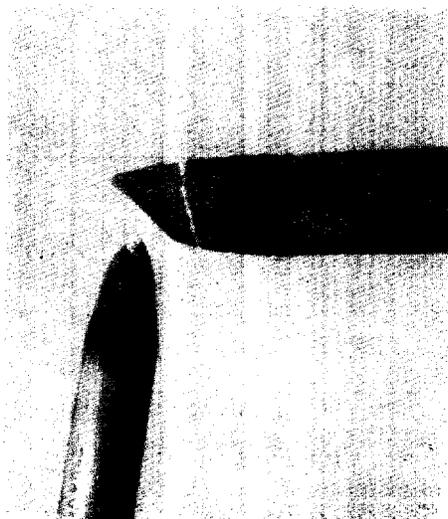


Bild 12. Schräggelbrandte Reinkohle

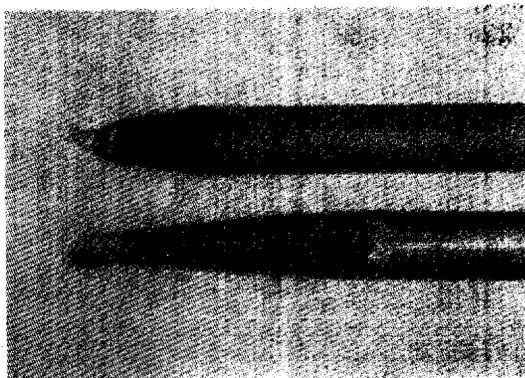


Bild 13.
Pilz und Karbidperle
auf der negativen Kohle

kann. Dies ist im allgemeinen nicht der Fall, weil das Kupfer an der Spitze abschmilzt und den glühenden Teil nicht vor dem Verbrennen schützt.

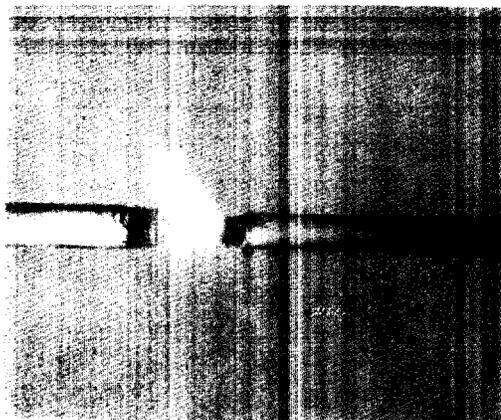
b) Deformation der Spitzen

Das Einbrennen neuer Reinkohlen erfordert einige Zeit und macht erfahrungsgemäß bei axialer Kohlenstellung keine Schwierigkeiten. Ungünstiger liegen die Verhältnisse bei Winkellampen, bei denen leicht eine unerwünschte Kraterformation entsteht, wie sie Abbildung 12 zeigt. In solchen Fällen muß die positive Kohle mehr zurückgezogen werden, damit die Kraterfläche fast senkrecht bleibt. Es ist klar, daß dann das Licht in der Achse der positiven Kohle ausgestrahlt wird und nicht schräg nach unten. Wie oben erwähnt, wurde auch gefunden, daß der Docht bei dieser Kohlenstellung häufiger ausbrennt, infolge lokaler Überhitzung am unteren Kraterand. Beck-Kohlen brennen viel schneller ein; sie werden ausgekratert geliefert, damit die Dampfbildung beim Zünden neuer Kohlen vermindert wird. Andererseits sind sie empfindlich gegen Achsenverschiebung nach jeder Richtung und werden deshalb bei neuen Lampen am Brennende besonders gestützt.

c) Störungen an der negativen Kohle

Die negative Kohle ist nur Fußpunkt des Lichtbogens. Ihre Eigenschaften haben deshalb keinen Einfluß auf die Lichtstärke, jedoch auf die Lichtruhe einen recht erheblichen. Es ist erwünscht, daß die negative Kohle möglichst spitz brennt, damit der Lichtbogenfußpunkt nicht wandern kann. Sehr störend auf die Lichtruhe wirkt die Pilzbildung (Abb. 13), welche durch zu kurze Bogenlänge hervorgerufen wird. In den Horizontalbogenlampen mit verkupferten Beck-Kohlen bildet sich in Abhängigkeit von der Bogenlänge auf der negativen Kohlenspitze eine Karbidperle, welche aus Leuchtsalzen der positiven Kohle besteht und beim Brennen der Kohlen flüssig wird. Der Fußpunkt des Lichtbogens kann nicht auf

Bild 14.
Der Beck-Lichtbogen bei
horizontaler Kohlestellung



dem Tropfen stehen und wandert um ihn herum, was für die Lichtruhe unerwünscht ist. Nach dem Abschalten erstarrt der Tropfen und überzieht die negative Spitze mit einer isolierenden Kappe. Durch Aufnehmen von Wasser aus der Luft zerfällt diese Karbidperle. In der trockenen Luft der heißen Lampe dauert aber dieser Vorgang mehr als eine halbe Stunde. Zündet man vorher auf dem Tropfen, dann wird dieser meist durchgeschlagen, und seine Reste beschädigen den Spiegel. Ein Tropfen Wasser in der Umschaltpause bringt die Karbidperle bald zum Zerfall. Andere Mittel gegen diese störende Erscheinung sind Verlängerung des Lichtbogens oder eine schwächere negative Kohle. Die Perle entsteht nämlich durch Kondensation von Cerkarbid aus dem Docht der positiven Kohle auf der gegenüber den Bogenlichtgasen kälteren negativen Spitze. Wird diese nun infolge größerer Querschnittsbelastung heißer, dann ist die Tropfenbildung wesentlich vermindert.

Eine andere Störung besteht im Abfallen verkupfelter Kohlen während des Betriebes. Die Ursache sind unsichtbare Bruchstellen in den Kohlen unter der Verkupferung. Früher glaubte man, daß diese Kohlen durch Herunterfallen oder Transportschäden zerbrochen sind. Es kann aber auch vorkommen, daß längere Kohlen beim ersten Einspannen durch zu großen Druck in der Klemme angebrochen werden. Beim Nachsetzen kommt diese Stelle dem Lichtbogen näher, die Verkupferung schmilzt, und die Kohlenspitze fällt bis zur Bruchstelle ab. Darum ist größte Vorsicht beim Einspannen am Platze und gegebenenfalls ein Nacharbeiten der Kontaktteile vorzunehmen.

d) Feuchtgewordene Kohlen

Alle Pakete tragen den vorsorglichen Vermerk: „Trocken lagern!“ Diese Forderung ist für alle Kohlen, besonders aber für alle Effektkohlen wichtig. Den Vorführrern wird empfohlen, die Kohlen vor dem Gebrauch

im Lampenhaus zu trocknen. Außerlich feuchte oder weiche Packungen sind verdächtig, auch wenn die Kohlen einwandfrei aussehen. Wird Pappe feucht, gehen bestimmte Stoffe in Lösung und können von der Kohle aufgenommen werden. Diese Stoffe beschleunigen den Abbrand und lenken außerdem den Lichtbogen ab. In solchen Fällen bietet nachträgliches Trocknen keinen Schutz. Derartige Kohlen sind unbrauchbar.

e) Auftreten von schädlichen Verbrennungsgasen

Die Einführung der Effektkohlen in die Kinoprojektionstechnik hat wiederholt zu Anfragen über die Entwicklung gesundheitsschädlicher Gase geführt. Es ist bekannt, daß beim Verbrennen von Kohlestiften im wesentlichen Kohlenoxyd und Stickoxyd entstehen, die in schlechtgelüfteten Räumen gesundheitsschädlich wirken. Diese Gase sind unsichtbar und müssen abgeleitet werden, wie es das Lichtspielgesetz vorschreibt. Die Leuchtsalze der Effektkohlen werden als Oxyde in der Flamme sichtbar mitgeführt. Sie gehören aber nicht zu den gesundheitsschädlichen Stoffen, welche in die Verordnung über Berufskrankheiten aufgenommen sind. Allgemeine Beschwerden, wie Kopfschmerzen oder Übelkeit, können durch diese Staubteilchen nicht hervorgerufen werden. Diese Wirkung ist vielmehr den Verbrennungsgasen der Kohle zuzuschreiben, welche jedoch bei genügender Größe und Lüftung der Kabine niemals schädlich wirken können.

3. Störungen bei Reproduktionskohlen

An den Bogenlampen für die Reproduktions- und Lichtpaustechnik treten hin und wieder Störungen auf, deren Ursachen häufig bei den Kohlen gesucht werden, obwohl dies nicht zutrifft. Beispielsweise wird in manchen Fällen ein großer Verbrauch von Glasglocken bemängelt, der entweder darauf zurückzuführen ist, daß nicht die richtigen Kohlemarken verwendet oder daß die Lampen ohne Anlasser eingeschaltet werden. Es ist leicht verständlich, daß anfangs, wenn die Glocke noch voll Luft ist, sich ein längerer Lichtbogen bei gleicher Lampenspannung ergibt, als später in sauerstoffarmer Atmosphäre. Deshalb sollen die Lampen zunächst ein paar Minuten mit verminderter Spannung, also verkürztem Bogen, gebrannt werden, damit die Flamme die Glocke nicht zum Zerspringen bringt. Eine andere Beschwerde ist, daß der Verbrauch von Kohlen aus einer bestimmten Lieferung größer ist als früher. Hierzu bemerken wir, daß die Brenndauer in hohem Maße von der Abdichtung der Glocke abhängt; insbesondere dürfen die Ränder der Glasglocke nicht ausgesprungen sein und müssen gut abdichten. Nötigenfalls sind die Glocken auf einer Schmirgelplatte plan zu schleifen.

Schließlich sei noch auf die Behandlung der Kohlestifte hingewiesen; sie sind gegen die geringste Menge von Verunreinigungen äußerst empfindlich. Trockene und saubere Lagerhaltung ist unerlässlich. Schon wenige Spritzer irgendwelcher Chemikalien, die in graphischen Betrieben immer vorhanden sind, machen die Kohlen unbrauchbar.

4. Störungen bei Heillichtkohlen

Beim Betrieb der Bogenlampen für Lichttherapie treten im allgemeinen kaum Störungen auf. Wenn durch Überlastung der Kohlen, Feuchtigkeit oder ähnliche Vorkommnisse die Funktion der Kohlen nicht einwandfrei sein sollte, gilt als Abhilfe das bereits für Kinokohlen Gesagte.

E. Die Fassung der Bestellungen

Schnelle und sachgemäße Lieferung ist nur möglich, wenn die Aufträge richtig aufgegeben werden. Außer der Marke dürfen Durchmesser und Länge nicht fehlen. Ist die Marke nicht bekannt, so geben die Stempelung aller Siemens-Plania-Kohlen oder die Streifbänder ihrer Packungen Aufschluß über die richtige Bezeichnung. Die Belastungstabellen enthalten mehrfach die genaue Markenangabe. Für die Bestimmung der Verkupferung ist die Angabe der Stromstärke erforderlich. Bei den Reinkohlen genügt zum paarweisen Bezug die Markenangabe, beim Bezug einzelner Kohlen muß hinzugefügt werden, ob Docht- oder Homogenkohlen, positive oder negative Kohlen gewünscht werden.

Bei Beck-Kohlen sind nur die positiven Effektkohlen, die negativen sind immer Reinkohlen. Man hat es also mit zwei ganz verschiedenen Marken zu tun, die in Bestellungen bezeichnet sein müssen. Über die Verkupferung wurde bereits oben das Notwendige gesagt. Die Anspitzung der Kohlen erfolgt in verschiedener Form, je nach der erfahrungsgemäß häufigsten Anwendungsart.

Beim Bestellen von Reproduktionskohlen oder Kohlestiften für Reproduktionslampen und Lichtpausmaschinen ist es zweckmäßig, auch die Type der betreffenden zur Verwendung gelangenden Lampe anzugeben.

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

25X1

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

App



Elektrische

SIEMENS
PLANIA

90019001900040001-5

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS - PLANIWERKE

BERLIN-LICHTENBERG

KOHLE- UND
GRAPHITELEKTRODEN

AUSGABE 1948

S. P. 4515

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

INHALT

	Seite
A. Kohle-Elektroden	
1. Herstellung	3
2. Bearbeitung	3
3. Physikalische und chemische Werte	3
4. Wahl der Marke	4
5. Strombelastung	5
6. Elektroden-Querschnitte	6
7. Länge der Elektroden	7
8. Toleranzen	7
9. Behandlung im Betrieb	7
10. Anstückeln von Elektroden	8
11. Gewindenormen	12
12. Kontinuierliche Elektroden	14
13. Elektroden-Schutzmäntel	14

Anlagen

I. Anleitung zum Anstückeln von Elektroden	15
II. Gebrauchsanweisungen für Elektrodenkitt	15
III. Anleitung für den Gebrauch des Transportnippels	19

B. Graphit-Elektroden

14. Herstellung	24
15. Physikalische und chemische Werte	24
16. Elektrische Eigenschaften	25
17. Ausführung	29
18. Abmessungen	29
19. Anstückelung	31
20. Behandlung im Betrieb	31
21. Allgemeines über Vorteile der Verwendung von Graphit-Elektroden	35

Anlage

IV. Fragebogen für die Elektrodenbestellung	40
---	----

A. Kohle-Elektroden

1. Herstellung

Als Ausgangsmaterial für die Herstellung der amorphen Elektroden kommen künstlich gewonnene sowie natürlich vorkommende Kohlenstoffe in Betracht, bei deren Auswahl auf die physikalischen und chemischen Eigenschaften besondere Rücksicht genommen wird. Das Herstellungsverfahren ist, in kurzen Zügen dargestellt, etwa folgendes:

Die auf ihre Eignung sorgfältig geprüften und mehr oder weniger vorbehandelten Rohstoffe werden zunächst in Brechern zerkleinert, bei hohen Temperaturen unter Luftabschluß geglüht und auf die für den jeweiligen Verwendungszweck der Elektroden erforderliche Korngröße gebrochen, gemahlen und gesiebt. Die so vorbereiteten Rohstoffe werden alsdann unter Zusatz von Bindemitteln in Gestalt von Teerprodukten in Mischmaschinen behandelt. Die Formgebung der plastischen Masse erfolgt unter Anwendung von hohem Druck auf hydraulischen Pressen oder mit Hilfe von Stampfwerken. Der sogenannten „grünen Fertigung“ schließt sich der Brennprozeß an, der dazu dient, die Bindemittel zu verkoken,

2. Bearbeitung

Die aus den Pressen kommenden Elektroden besitzen im allgemeinen die Form eckiger oder zylindrischer Blöcke. Diese einfachen glatten Formen können jedoch für den Ofenbetrieb nur in den seltensten Fällen beibehalten werden, da dieser fast durchweg bearbeitete Elektroden verlangt. Die Bearbeitung erstreckt sich vorzugsweise auf das Anschneiden sogenannter Köpfe für die Fassungen, auf das Anschneiden von Gewinden zum Verbinden der Elektroden oder auch auf das Schleifen der Bündelflächen, soweit es sich um Elektroden handelt, die zu einem Paket vereinigt werden sollen. Die Art der Bearbeitung richtet sich danach, ob diese an den noch ungebrannten grünen oder an den bereits gebrannten Elektroden ausgeführt wird. Soweit technisch überhaupt möglich, werden dazu Maschinen benutzt, die Gewähr für größte Gleichmäßigkeit bieten.

3. Physikalische und chemische Werte

Alle Elektroden werden vor der Auslieferung auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften sorgfältig geprüft, wobei auch die äußere Beschaffenheit und die durchgeführte Bearbeitung einer Kontrolle unterzogen werden.

Wesentliche Merkmale der guten Elektrode sind hohe Bruchfestigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen Abbrand und gutes elektrisches Leitvermögen.

- Scheinbares spezifisches Gewicht (Volumengewicht) 1,45 bis 1,60 g/cm³
- Wirkliches spezifisches Gewicht 1,80 bis 2,05
- Spezifischer Widerstand von Elektroden
 - bis zu 1600 cm² Querschnitt 40 bis 45 Ohm
 - von 1600 bis 4000 cm² Querschnitt 45 bis 60 Ohm
 - von 4000 bis 8000 cm² Querschnitt 55 bis 65 Ohm
- Mittlerer linearer Temperaturkoeffizient des spezifischen Widerstandes zwischen 20 und 1600° C:
 - bei einem spez. Widerstand von 40 Ohm minus 0,00020
 - bei einem spez. Widerstand von 65 Ohm minus 0,00028
- Linearer Ausdehnungskoeffizient
 - zwischen 20 und 1000° C 0,0000043—0,0000055
- Wärmeleitzahl bei 200° C 3,5 kcal/mh °C und höher
- wahre spez. Wärme bei 100° C etwa 0,20

Festigkeit von Elektroden:

Querschnitt	bis 1600 cm ² kg/cm ²	von 1600 bis 4000 cm ² kg/cm ²	von 4000 bis 6000 cm ² kg/cm ²	über 6000 cm ² kg/cm ²
Druckfestigkeit	300 — 500	300 — 450	300 — 400	250 — 350
Biegefestigkeit	60 — 100	50 — 80	30 — 60	20 — 40
Zugfestigkeit	15 — 30	15 — 25	12 — 20	10 — 16

- Phosphorgehalt etwa 0,02 %
- Gesamtschwefelgehalt*) etwa 1,2 %
- Aschegehalt 2,5 bis 6 %

4. Wahl der Marke

Die Beanspruchung der Elektroden ist abhängig von der Art der Ofenprozesse und den Betriebsbedingungen; diese wiederum sind sehr unterschiedlich, auch was die an die Elektroden zu stellenden Anforderungen anbelangt. Es ist daher nur selten möglich, die für einen Betrieb geeignete Elektrodenmarke ohne nähere Kenntnis der Betriebsverhältnisse im voraus mit Sicherheit zu bestimmen.

Um ein einigermaßen zutreffendes Bild von der Art der Beanspruchung der Elektroden zu gewinnen, wird es daher in den meisten Fällen unver-

*) Der größte Teil des Schwefelgehaltes der Elektroden ist verbrennlicher Schwefel. Je nach der Zusammensetzung der Asche ist ein größerer oder kleinerer Teil als Aschenschwefel vorhanden. Derselbe beträgt etwa 10 % des Gesamtschwefels.

meidlich sein, erst die mit der Betriebsweise zusammenhängenden Fragen zu klären, bevor eine richtige Auswahl getroffen werden kann. Das wird sich namentlich auch dann als notwendig erweisen, wenn es sich um ein neues Verfahren oder Anwendungsgebiet handelt, für welches noch keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen.

Ganz allgemein kann bei der Wahl der geeigneten Elektrodenmarke nach folgenden Gesichtspunkten verfahren werden:

Für Ofenprozesse, bei denen besondere Ansprüche an den Reinheitsgrad des zu erschmelzenden Produktes nicht gestellt werden, wird unsere Marke „**Elektrode für die Karbid-Herstellung**“ zu empfehlen sein, die vorzugsweise bei der Herstellung von Karbid Verwendung findet.

Für das Schmelzen von Stahl, Ferrolegierungen, wie Ferromangan, Ferrosilicium, Ferrowolfram, ferner für die Herstellung von Korund, Siliziumkarbid und anderer Schleifmittel sowie auch Zement und Leichtmetalllegierungen empfiehlt sich im allgemeinen unsere Marke „**Elektrode für die Stahlerzeugung**“. Diese Marke besitzt die für die genannten Zwecke wichtigsten Eigenschaften wie Reinheit, geringe Neigung zum Aufkohlen und verhältnismäßig hohe Belastbarkeit.

Es hat sich gezeigt, daß die oben gekennzeichneten Hauptmarken den im allgemeinen gestellten Anforderungen gerecht werden. Liegen besondere Verhältnisse oder aus dem üblichen Rahmen herausfallende Betriebsbedingungen vor, so lassen sich für solche Fälle Elektroden herstellen, deren Eigenschaften den Bedürfnissen auch solcher Betriebe weitestgehend angepaßt werden können.

Bei Anfragen ist es stets angezeigt, den als Anlage beigefügten Fragebogen auszufüllen und, soweit es sich um Neuanlagen handelt, die gemachten Angaben durch Bekanntgabe weiterer Betriebseinzelheiten, aus denen Näheres über die Beanspruchung der Elektroden zu ersehen ist, zu ergänzen.

5. Strombelastung

Die richtige Strombelastung ist für die Lebensdauer der Elektroden von größter Wichtigkeit. Das Arbeiten mit zu hoch oder zu niedrig belasteten Elektroden braucht sich aber nicht nur in einem ungünstigen Elektrodenverbrauch auszuwirken, sondern es kann auch für das gesamte übrige Verhalten der Elektroden von erheblichem Nachteil sein. Bei der Festsetzung der Stromdichte für einen bestimmten Elektrodenquerschnitt ist deshalb nicht die Belastbarkeit der Elektrode allein ausschlaggebend, sondern es wird stets auch auf die übrigen das Arbeiten der Elektrode beeinflussenden Faktoren, wie Betriebsweise des Ofens, Art des Schmelzproduktes usw., Rücksicht zu nehmen sein. Welche Stromdichte im Einzelfalle die richtige ist, wird daher zweckmäßig von Fall zu Fall entschieden werden müssen. Es kann hier nur ganz allgemein gesagt werden, daß es nicht ratsam ist, bei Kohlelektroden von größerem Querschnitt über eine spezifische Belastung von etwa 7 Amp./cm² hinauszugehen.

Bei Elektroden mit kleineren Querschnitten bis zu 150 cm² sind unter gewissen Voraussetzungen Stromdichten bis zu 20 Amp./cm² zulässig.

6. Elektroden-Querschnitte
Rundelektroden

Lfd. Nr.	Durchmesser mm	Gewicht/m in kg ca.	Lfd. Nr.	Durchmesser mm	Gewicht/m in kg ca.
1	100	12,2	11	300	110
2	120	17,5	12	350	149
3	150	27,5	13	400	195
4	155	29,0	14	420	215
5	170	35,0	15	450	246
6	190	43,0	16	500	304
7	200	48,5	17	575	402
8	210	54,0	18	600	438
9	225	62,0	19	720	629
10	250	76,0	20	850	879

Vierkantelektroden
a) Quadratischer Querschnitt

Lfd. Nr.	Querschnitt qmm	Gewicht/m in kg	Lfd. Nr.	Querschnitt qmm	Gewicht/m in kg
1	75 × 75	9	5	250 × 250	97
2	120 × 120	22	6	300 × 300	139
3	150 × 150	35	7	420 × 420	273
4	200 × 200	62	8	500 × 500	387

b) Rechteckiger Querschnitt

Lfd. Nr.	Querschnitt qmm	Gewicht/m in kg	Lfd. Nr.	Querschnitt qmm	Gewicht/m in kg
1	100 × 120	18	4	420 × 500	325,5
2	130 × 200	41	5	500 × 750	581,0
3	250 × 350	135			

7. Die Länge der Elektroden

Die Wahl der zweckmäßigen Länge der Elektroden wird im allgemeinen dem Verbraucher überlassen werden müssen. Sie wird sich einerseits nach dem oberhalb des Ofens verfügbaren Raum und den vorhandenen Transportmitteln, andererseits nach den Herstellungsmöglichkeiten richten. Das gangbarste Längenmaß für Kohleelektroden liegt zwischen 2000 und 2500 mm, die obere Grenze der herstellbaren Elektrodenlänge bei 3000 mm.

Bei Elektroden mit Querschnitten bis zu 250 mm Durchmesser oder Seitenlänge ist aus fabrikationstechnischen Gründen ein größeres Längenmaß als 2000 mm im allgemeinen nicht zu empfehlen.

Bei Elektroden mit konischer Gewindeverbindung sind die angegebenen Längenmaße einschließlich des konischen Gewindezapfens zu verstehen.

8. Toleranzen

Gewisse Abweichungen von den angegebenen Abmessungen sind bei Kohleelektroden durch das Herstellungsverfahren bedingt und infolgedessen unvermeidlich. Es werden deshalb folgende Toleranzen als handelsüblich in Anspruch genommen.

1. für den Querschnitt:

	bis 100 mm Durchmesser oder Quadrat	± 2 mm
von 101—200	„ „ „ „	± 3 „
„ 201—350	„ „ „ „	± 4 „
„ 351—500	„ „ „ „	± 5 „
„ 501 mm u. mehr	„ „ „ „	± 1 %

Bei rechteckigen Elektroden richten sich die Querschnitttoleranzen jeweils nach der größten Seitenlänge der Elektrode.

2. für die Länge ± 5 %

3. für die Durchbiegung der Elektroden . . ca. $\frac{1}{2}$ % der jeweiligen Länge.

Wird eine größere Maßgenauigkeit gewünscht, so kann dem bei rechteckigen oder quadratischen Elektroden durch Schleifen der Flächen, bei Rundelektroden durch Abdrehen entsprochen werden.

Dadurch können für alle Elektroden-Querschnitte die Abweichungen auf ± 1 mm beschränkt werden. Für diese Sonderbearbeitung werden nur geringe Aufschläge berechnet.

9. Behandlung im Betrieb

Eine sorgfältige Behandlung der Elektroden ist unerlässlich. Vor allem sind sie bei der Entladung und beim Transport vor Schlag und Stoß zu schützen. Ganz besonders ist darauf zu achten, daß die Kontaktflächen

und Gewindeteile keine Beschädigungen erleiden, da sich daraus unter Umständen Schwierigkeiten im Ofenbetrieb ergeben können.

Ebenso muß für ausreichenden Schutz der Elektroden gegen Feuchtigkeit Sorge getragen werden. Zur Aufbewahrung empfiehlt sich ein gedeckter trockener Raum. Beim Stapeln wird man zweckdienlich Holzlatten oder Strohseile als Zwischenlage benutzen.

Zum Transport großer Gewindeelektroden ist die Verwendung einer besonderen Tragevorrichtung (siehe Abb. auf S. 16) zu empfehlen. Diese Tragevorrichtungen lassen sich mit einfachen Mitteln so ausbilden, daß sie gleichzeitig zur Erleichterung und Vereinfachung des Anstückelungsvorganges benutzt werden können.

10. Anstückeln von Elektroden

Um gebrannte Kohlelektroden zu einem längeren Strang zu vereinigen oder um die aus dem Ofen genommenen Arbeitsenden, wie es z. B. in Stahlofen- und ähnlichen Betrieben der Fall ist, mit einer neuen Elektrode zu verbinden, bedarf es besonderer Vorrichtungen an der Elektrode selbst. Derartige Vorrichtungen sind in den verschiedensten Ausführungsformen vorhanden. Die gebräuchlichste und wohl auch zweckdienlichste Form ist die Gewindeverbindung entweder mittels zylindrischem Gewinde und loseem Nippel oder mittels festem an der Elektrode angedrehten konisch ausgebildeten Gewindezapfen einerseits und entsprechendem Gewindeloch andererseits.

Für große Rundelektroden mit Querschnitten von 400 mm Durchmesser und darüber ist der besseren Handhabung und größeren Sicherheit wegen die konische Gewindeverbindung der zylindrischen Ausführung unbedingt vorzuziehen. Der Anstückelungsvorgang ist bei der zuerst genannten Ausführung weit einfacher als bei der letzteren und erfordert auch weniger Zeit. Auch der Übergangswiderstand ist bei der konischen Gewindeverbindung infolge der größeren Flächenauflage im allgemeinen geringer als bei der zylindrischen Verbindung mit loseem Nippel.

Um einen guten Kontakt an der Verbindungsstelle der Elektroden zu erzielen, ist die Verwendung eines geeigneten Elektrodenkittes sowie sorgfältigste Ausführung der Anstückelung selbst unerläßliche Voraussetzung. Das Auftreten von Glühstellen und Rissen im Bereich der Gewindeverbindung weist fast stets auf eine nicht sachgemäße Anstückelung hin. Bei richtig vorgenommener Anstückelung wird der Spannungsabfall, an der Verbindungsstelle gemessen, nur unwesentlich größer sein als an der Elektrode selbst.

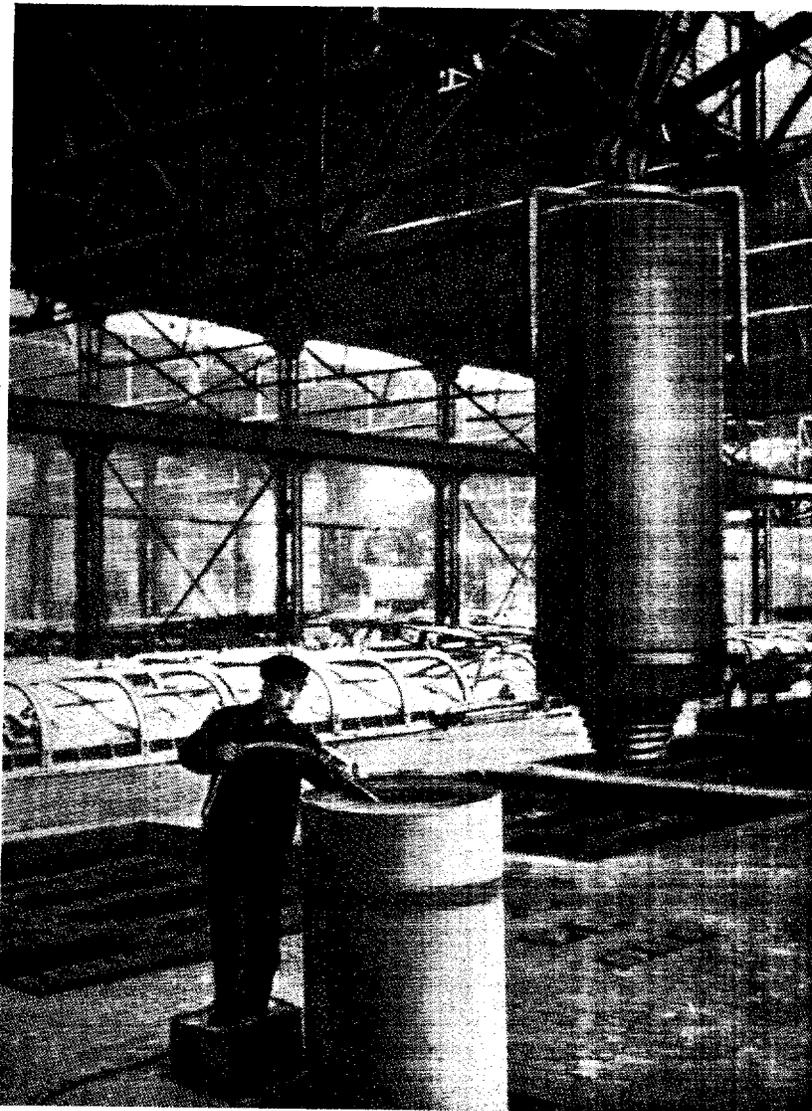


Bild 1a. Anstückeln von Elektroden

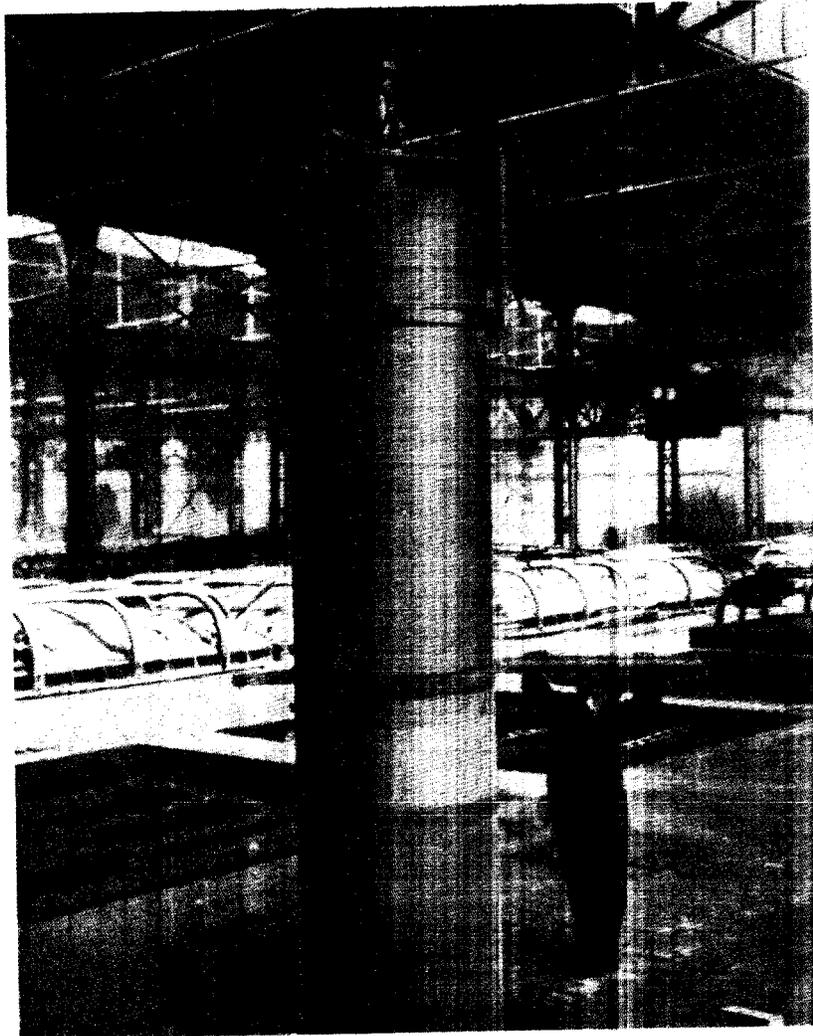


Bild 1b. Anstückeln von Elektroden

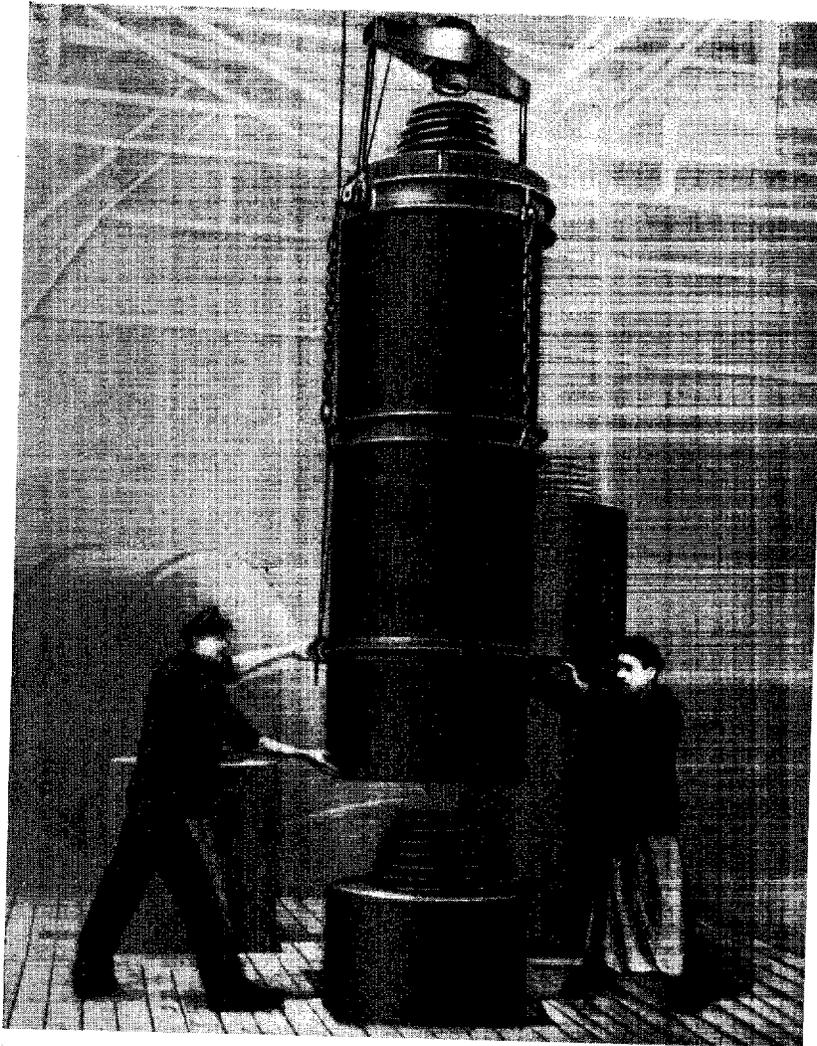
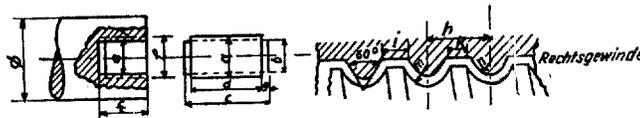


Bild 2. Elektroden-Anstückelungsbühne eines großen Dreiphasen-Ofens

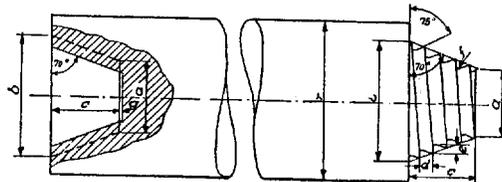
11. Gewindenormen

Zylindrisches Gewinde für Elektroden 200—900 mm ϕ und 180—750 mm \square



ϕ	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	m	n
200 — 225	117	97	290	240	99	119	25	30	10	9	8	7
250	142	122	310	260	124	144	..	..	..	..	..	..
285	152	132	..	..	134	154	..	..	..	..	..	..
300	162	142	..	..	144	164	..	..	..	..	..	..
325	172	152	..	..	154	174	..	..	..	..	..	..
350	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
360	192	162	370	320	164	194	..	40	12,5	11,5	10	9
400	212	182	..	..	184	214	..	..	..	..	..	..
450	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
485 — 500	242	212	410	360	214	244	..	..	..	..	..	..
550 — 600	300	260	570	520	262	302	..	55	18	17	13,5	12,5
650	352	312	670	620	314	354	..	..	..	..	..	..
700	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
800	452	412	760	700	415	455	30	..	18	15,7	14	12,5
900	502	462	800	740	465	505	..	..	..	..	..	..
\square	a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	m	n
180 — 200	117	97	290	240	99	119	25	30	10	9	8	7
250	152	132	310	260	134	154	..	..	..	..	..	..
270 — 280	162	142	..	..	144	164	..	..	..	..	..	..
300	172	152	..	..	154	174	..	..	..	..	..	..
350	212	182	370	320	184	214	25	40	12,5	11,5	10	9
400	242	212	410	360	214	244	..	..	..	..	..	..
450	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..
500	300	260	570	520	262	302	25	55	18	17	13,5	12,5
600	352	312	670	620	314	354	..	..	..	..	..	..
650	402	362	760	700	365	405	30	..	18	15,7	14	12,5
700	452	412	..	..	415	455	..	..	..	..	..	..
750	502	462	800	740	465	505	..	..	..	..	..	..

Konisches Gewinde für Elektroden \varnothing 200—900 mm



\varnothing	a	b	c	d	e	f	g
200	70	150	110	25	16	3	4
225	75	170	130	25	16	3	4
250	81	190	150	30	19	..	..
285	92	220	175	..	..	..	..
300	..	..	..	..	..	..	..
325	110	245	185	..	..	..	..
350	..	..	..	..	..	..	..
360	110	..	..	..	..	..	..
400	136	300	225	40	25	4	4
450	149	320	235	..	..	..	..
500	179	375	270	..	..	..	..
550	..	..	..	..	..	..	..
600	205	435	315	50	32	5	..
650	..	..	..	..	..	..	..
700	290	500	288	50	32	5	4
750	..	..	..	..	..	..	..
800	317	550	320	50	32	5	4
850	..	..	..	..	..	..	..
900	343	590	340	50	32	5	4



Bild 3a. Vorrichtungen zur Erleichterung des Transports
und der Anstückelung von Gewindeelektroden

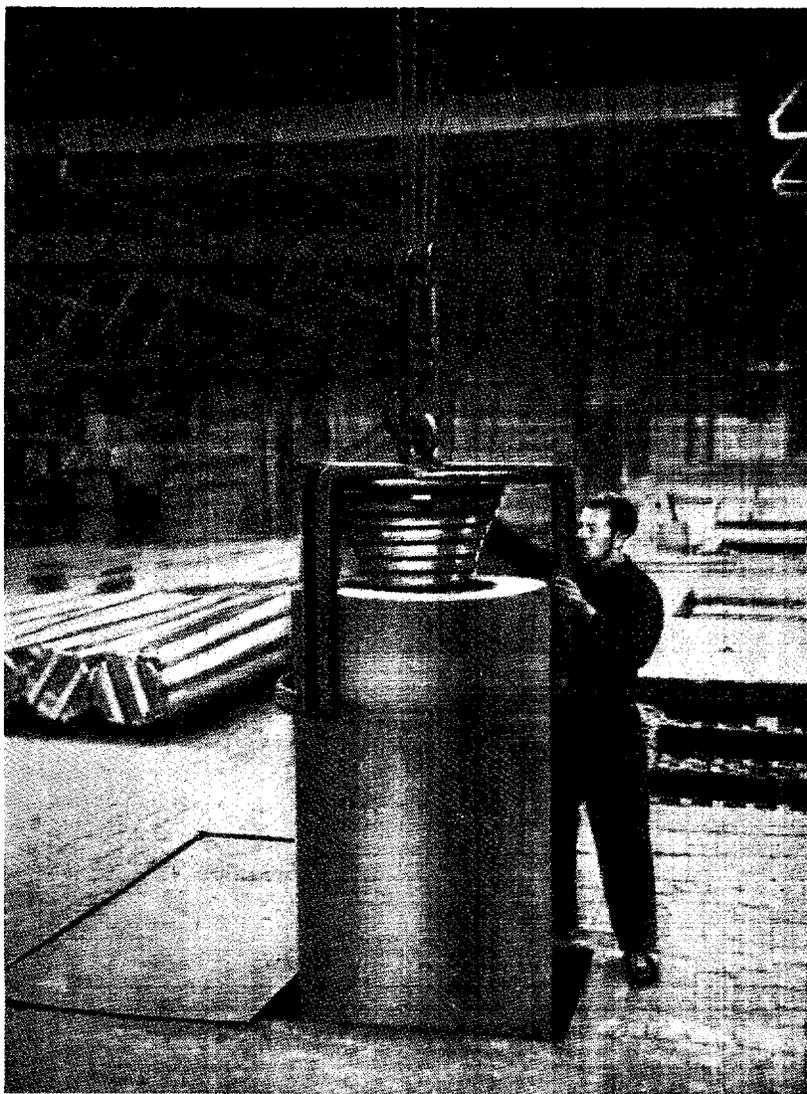


Bild 3b. Vorrichtungen zur Erleichterung des Transports
und der Anstückelung von Gewindeelektroden

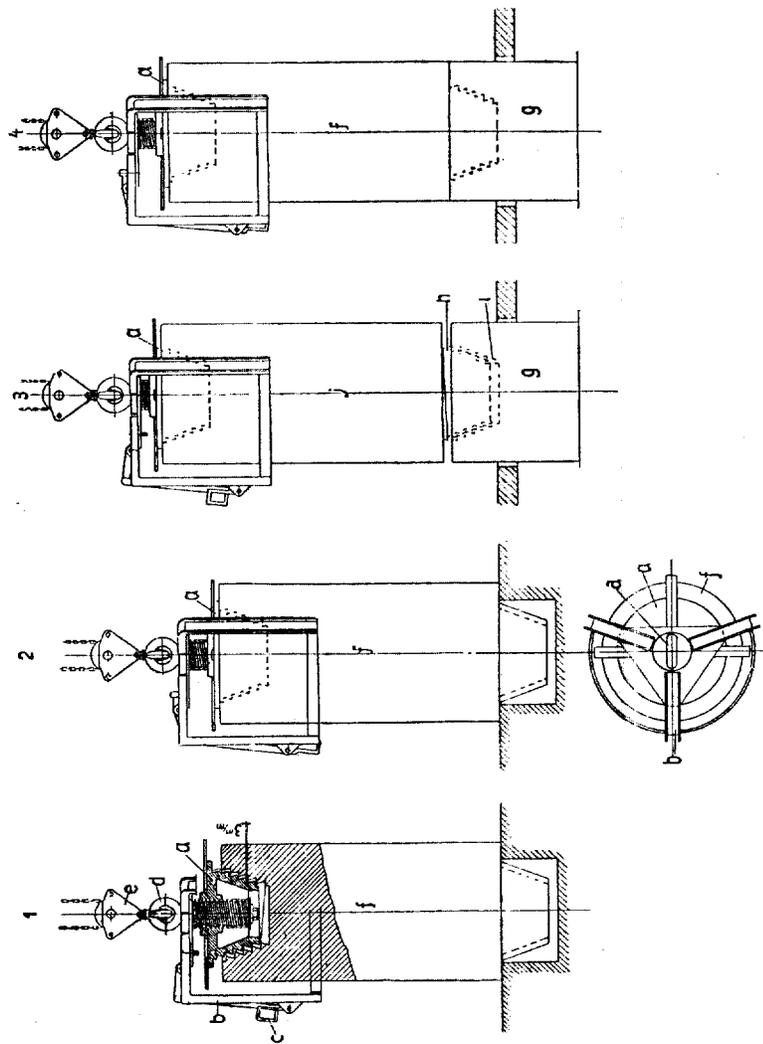


Bild 4. Transportnippel

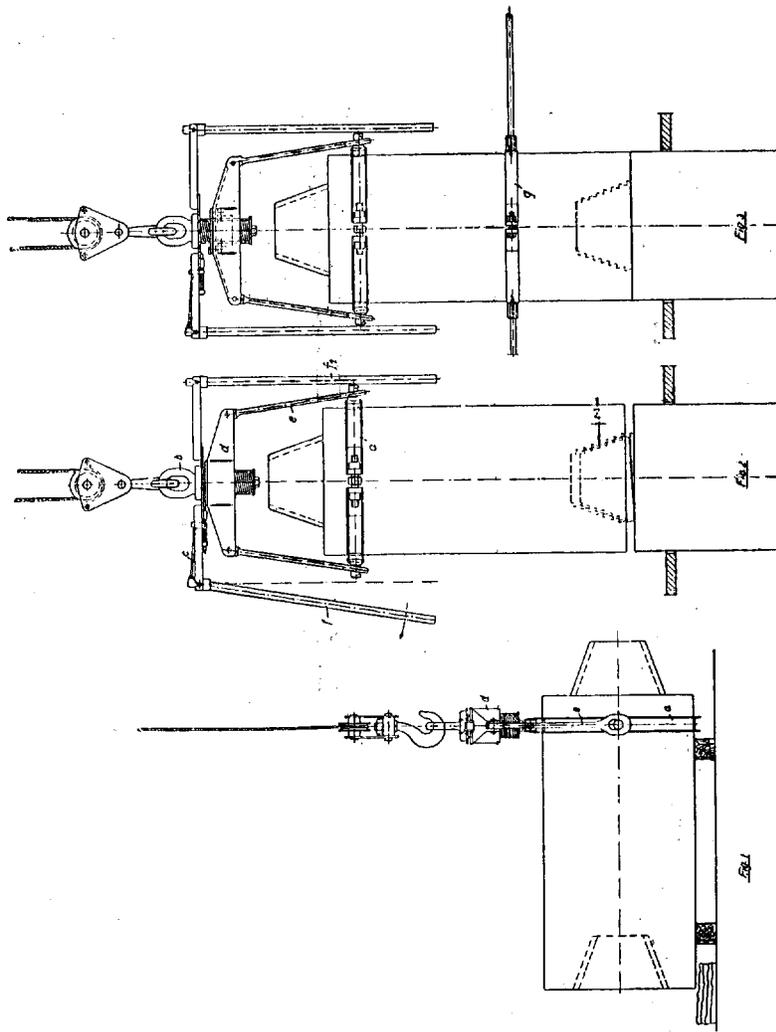


Bild 5. Transport- und Anstückerungsvorrichtung für Elektroden mit großem Durchmesser

B. Graphitelektroden

14. Herstellung

Die Elektro-Graphitelektroden werden in einem Fabrikationsverfahren hergestellt, welches auf streng wissenschaftlicher Grundlage und lang-jährigen Erfahrungen beruht. Der Herstellungsprozeß entspricht anfänglich völlig dem der Herstellung von Kohleelektroden. Im Gegensatz zu letzteren werden die Elektro-Graphitelektroden jedoch noch einem zweiten Brennprozeß unterworfen, in welchem unter dem Einfluß sehr hoher Temperaturen der amorphe Kohlenstoff, aus welchem die Elektroden bisher bestanden, in Graphit übergeführt wird.

An das Graphitieren schließt sich als letzte Fabrikationsstufe die Bearbeitung an, welche im wesentlichen im Überdrehen der Elektroden und im Anschneiden der Gewinde besteht.

Die Herstellung der Graphitelektroden vom Rohmaterial bis zum fertig bearbeiteten Fabrikat dauert 9 bis 10 Wochen.

15. Physikalische und chemische Werte

Die Elektro-Graphitelektroden zeichnen sich vor allem durch außergewöhnliche Reinheit aus: Der Aschegehalt liegt normalerweise unter 0,5 %.

Die Asche setzt sich etwa wie folgt zusammen:

SiO ₂	10—35 %	CaO	25—65 %
Al ₂ O ₃	3—20 %	MgO	0—3 %
Fe ₂ O ₃	3—20 %	SO ₃	1—20 %
TiO ₂	0—10 %		

Weitere chemische und physikalische Werte unserer Elektro-Graphitelektroden sind:

Scheinbares spezifisches Gewicht	1,55— 1,70 g/cm ³
Wirkliches spezifisches Gewicht	2,21— 2,23
Porenvolumen dementsprechend	23— 30 %
Druckfestigkeit	200—500 kg/cm ²
Zugfestigkeit	30—250 "
Biegefestigkeit	60—250 "
Wärmeleitfähigkeit bei 20° C etwa 100 kcal/m·h·° C	

Mittlere spezifische Wärme für den Temperaturbereich
von 20— 500 °C etwa 0,3 kcal/kg·°C
von 20—1300 °C „ 0,4 „ „
Linearer Ausdehnungskoeffizient für den Temperaturbereich von
20—1000 °C
längs 0,0000025 — 0,0000030/°C
quer 0,0000040 — 0,0000050/°C
Oxydation Beginn merklich oberhalb von 500 °C.

Im allgemeinen besitzen die Graphitelektroden geringeren Querschnittes größere Druck- und Zugfestigkeit pro cm² als diejenigen größeren Querschnittes.

Elektro-Graphitelektroden können ohne Schwierigkeit unter Einhaltung genauer Maße bearbeitet werden.

16. Elektrische Eigenschaften

Der spezifische Widerstand der Elektro-Graphitelektroden schwankt je nach dem Durchmesser

zwischen 6 und 13 Ohm $\frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

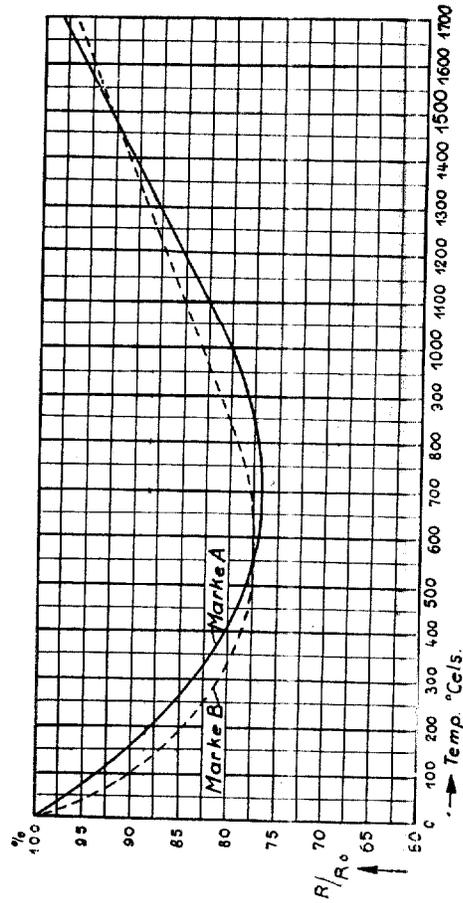
Infolge ihrer hohen Leitfähigkeit können die Graphitelektroden mit relativ starken Strömen belastet werden. Die Tabelle auf Seite 26 zeigt für die angeführten Elektrodenquerschnitte die normalen Grenzen der Strombelastung in Amp. sowie der Stromdichte in Amp. pro cm².

Für die Wahl des Elektrodendurchmessers ist nicht allein die Strombelastbarkeit, sondern auch eine Reihe anderer Faktoren maßgebend, z. B. die Konstruktion und die Arbeitsweise des Ofens.

Der elektrische Widerstand der Elektroden ändert sich mit der Temperatur. Die Schaulinie auf S. 28 läßt die Widerstandswerte bei den verschiedenen Temperaturen in graphischer Darstellung erkennen.

Bei den Stromanschlüssen des elektrischen Ofens ergibt sich infolge der guten Leitfähigkeit und der glatten, sauber bearbeiteten Oberfläche der Graphitelektroden ein nur ganz geringer Übergangswiderstand.

Widerstand von Graphit in Abhängigkeit von der Temperatur



17. Ausführung

Wir liefern Graphitelektroden je nach dem Verwendungszweck in folgenden Ausführungen:

1. Unbearbeitet

Die Oberfläche der Elektroden ist nicht bearbeitet, so daß die Elektroden die ursprüngliche, annähernd zylindrische Form haben, welche ihnen in der Strangpresse gegeben wurde. Die Durchmessertoleranz beträgt $+ 4 \%$.

2. Abgedreht

Die Elektroden sind auf ihrer ganzen Oberfläche bearbeitet. Sie besitzen vollkommen zylindrische Form und weisen ohne Rücksicht auf die Größe des Querschnittes eine Durchmessertoleranz von nur $\pm 0,3$ mm auf.

3. Zentriert

Die Elektroden sind ähnlich wie unter 2. bearbeitet, jedoch beträgt die Durchmessertoleranz $+ 2 \%$. Die Toleranzen für die am häufigsten vorkommenden Durchmesser zeigt die Tabelle auf S. 30.

(Etwa 90 % aller Verbraucher ziehen die zentrierten Graphitelektroden den abgedrehten vor.)

18. Abmessungen

Graphitelektroden werden in Lichtbogenstahlöfen nur mit kreisförmigem Querschnitt verwendet. Auf S. 30 sind diejenigen Abmessungen zusammengestellt, welche sich im Laufe der Jahre aus Zweckmäßigkeitsgründen zu Standardgrößen herausgebildet haben.

Auf Seite 27 sind die Stromdichten in Amp. pro cm^2 für die am häufigsten verwendeten Elektrodendurchmesser und die normalerweise vorkommenden Elektroden-Stromstärken wiedergegeben.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß Graphitelektroden nicht nur für Elektrostahlöfen und in der elektro-chemischen Industrie, sondern auch für andere Zwecke verwendet werden, z. B. als Abstichelektroden, ferner in Öfen für Vakuum- und Korundschmelzen, in Graphit-Widerstandsöfen, in Öfen zur Raffinierung von Ferrochrom u. a. m. Auf derartigen Sondergebieten werden die Graphitelektroden vielfach mechanisch und elektrisch außergewöhnlich beansprucht oder auch erhöhten chemischen Angriffen ausgesetzt, so daß der Elektrodendurchmesser je nach der Art des Prozesses von Fall zu Fall bestimmt werden muß.

**Normaldurchmesser, Durchmessertoleranzen, Normallängen und Gewichte
zylindrischer Graphitelektroden**

Nenndurchmesser		Durchmesser in mm			Normal- längen mm	Mittleres Stück- gewicht kg*)
mm	Zoll	Abgedr. ± 0,3 mm	zentriert			
			min.	max.		
50	2	50	50	52	1000	3,1
60	2,4	60	60	62	1000	4,7
70	2,8	70	70	72	1000	6,3
100	4	100	100	103	1000	12,6
					1200	15,1
					1500	18,9
120	4,8	120	120	123	1000	18,1
					1200	21,7
					1500	27,1
150	6	150	151	154	1200	33,9
					1500	42,4
					1800	51,0
170	6,8	170	171	174	1200	43,6
					1500	54,9
					1800	65,4
180	7,2	180	180	184	1200	49,0
					1500	61,0
					1800	73,0
200	8	200	201	205	1200	60,0
					1500	75,0
					1800	90,0
225	9	225	225	229	1200	76,0
					1500	95,0
					1800	115,0
230	9,2	230	230	234	1200	80,0
					1500	100,0
					1800	120,0
250	10	250	251	256	1200	95,0
					1500	119,0
					1800	143,0
300	12	300	301	307	1500	170,0
					1800	204,0
					1500	231,0
350	14	350	351	357	1500	277,0
					1800	308,0
					2000	301,0
400	16	400	402	408	1500	362,0
					1800	402,0
					2000	402,0
450	18	450	453	460	1500	382,0
					1800	458,0
					2000	509,0
500	20	500	500	508	1500	470,0
					1800	564,0
					2000	627,0

*) Je Elektrode einschl. Nippel.

19. Anstückelung

Man stückt die Graphitelektroden laufend aneinander, um kontinuierlichen Ofenbetrieb und restlosen Verbrauch zu erreichen. Die Graphitelektroden werden mit Nippeln in denkbar einfacher Weise ohne Bindemittel zusammengeschrubt. Für die Herstellung der Nippel haben wir ein Graphitmaterial entwickelt, das sich durch besonders hohe elektrische Leitfähigkeit und größte mechanische Festigkeit auszeichnet und gute Gewähr für die Haltbarkeit der Verbindungen bietet. Das Annippeln selbst wird in dem folgenden Abschnitt „Behandlung der Graphitelektroden im Betrieb“ beschrieben.

Zur Erleichterung des Anstückeins dient ein Transportnippel, wie er in Bild 6 abgebildet ist. Die gleiche Zeichnung zeigt auch eine zweckmäßige Elektrodenschelle, die beim Zusammenschrauben der Graphitelektroden verwandt wird.

20. Behandlung im Betrieb

Vor dem Versand werden die Elektroden noch einmal geprüft, so daß Gewähr dafür besteht, daß nur einwandfreie Elektroden das Herstellungswerk verlassen.

Beim Empfang der Elektroden hat der Verbraucher folgende Punkte besonders zu beachten:

1. Die Elektroden und Nippel dürfen beim Auspacken, Transportieren und Einlagern nicht gestoßen und insbesondere an den Gewindengängen nicht beschädigt werden.
2. Die Graphitelektroden und Nippel sind trocken und staubfrei zu lagern.
3. Der Transportnippel aus Eisen oder anderem Metall, welcher zum Aufhängen der Elektroden an den Kranhaken dient, soll leicht in das Gewinde der Elektroden eingeschraubt werden können. Die Gewindengänge dürfen beim Ein- und Ausdrehen des Transportnippels nicht beschädigt werden.
4. Vor dem Zusammensetzen zweier Elektroden sind die Gewinde der Nippel und der Nippelschachteln mit wasser- und ölfreier Preßluft auszublasen. Steht Preßluft nicht zur Verfügung, so kann man behelfsweise auch einen Blasebalg dazu benutzen. Keinesfalls darf man die Gewinde mit einem Lappen oder dergleichen reinigen.
5. Weder die Stirnflächen der Elektroden und Nippel noch die Gewindengänge der Nippel und Nippelschachteln dürfen mit einem Bindemittel bestrichen werden. Den Nippel soll man nicht fest in die freie Nippelschachtel des Elektrodenstranges einschrauben. Man dreht ihn so lange, bis seine Stirnfläche den Boden der Nippelschachtel berührt; dann schraubt man ihn etwa einen halben Gang zurück und läßt ihn zum Anstückeln der neuen Elektrode in dieser Stellung. Ist die anzustückelnde Elektrode so weit auf den Nippel des

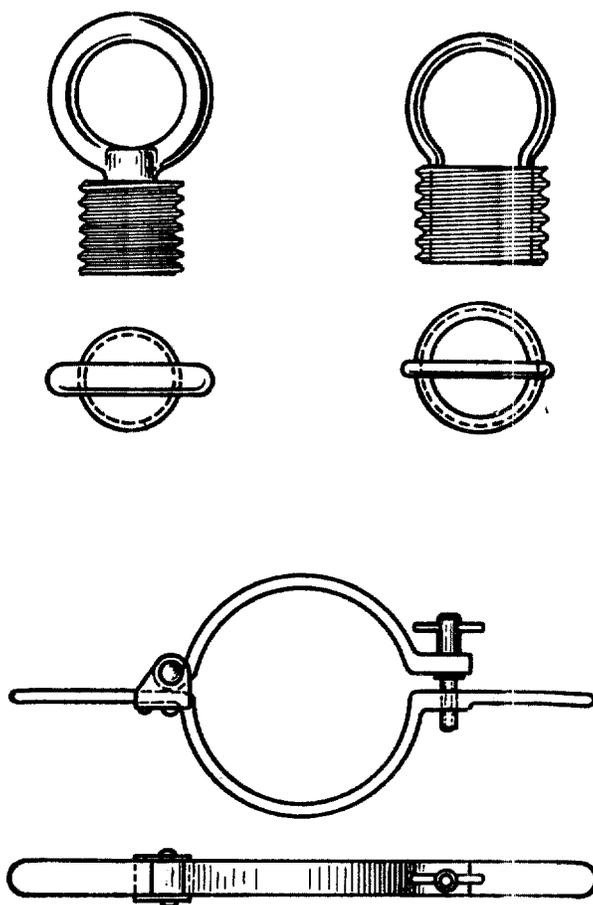


Bild 6. Schematische Darstellung eines Transport- (Aufhänge-) Nippels und einer Elektrodenschelle

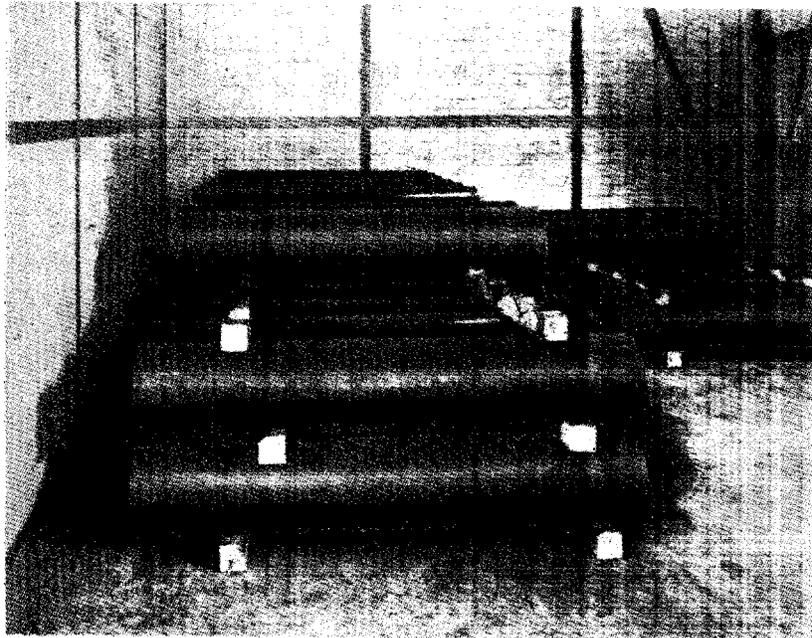


Bild 7. Lagerung von Graphitelektroden.



Bild 8. Elektrodenzange zum Transportieren von Graphitelektroden

Elektrodenstranges aufgeschraubt, daß die Stirnflächen der beiden Elektroden nur noch etwa 5 mm voneinander entfernt sind, so ist die Verbindungsstelle nochmals durch Preßluft zu reinigen. Die obere Elektrode wird danach mittels der Schelle, in die sie eingespannt ist, nachgedreht, bis die Stirnflächen sich vollständig berühren und somit ein einwandfreier Stromübergang in der Verbindungsstelle gewährleistet ist.

6. Man soll die Graphitelektroden keinesfalls an der Nippelverbindungsstelle in die Elektrodenfassungen einspannen.
7. Die Elektroden müssen vom Elektrodenarm so geführt werden, daß sie frei durch den Kühlring und die Abdichtung gleiten. Ein Klemmen der Elektroden in den Kühlzylindern oder in den Abdichtungen kann Brüche verursachen.
8. Die Elektrodenarme müssen möglichst ohne Spielraum geführt werden, da sonst der Elektrodenstrang beim Kippen des Ofens sich an den Kühlzylinder anlegt und brechen kann.
9. Vor dem Chargieren des Ofens sind die Elektroden hochzufahren, damit sie nicht durch das Schmelzgut oder die Schürstangen beschädigt werden.
10. Beim Einschmelzen, insbesondere sofort nach dem Einschalten des Stromes, ist zu kontrollieren, ob der Lichtbogen unter jeder Elektrode richtig arbeitet. Anderenfalls werden die Elektroden durch die automatische Elektrodenregulierung unter Umständen hart aufgesetzt, so daß sie brechen können.
11. Muß der Elektrodenstrang infolge zu geringen Elektrodenhubes nachgefaßt werden, so ist es zweckmäßig, ihn vor dem Öffnen der Fassungen an den Kranhaken zu hängen und nicht aufzustellen.

21. Allgemeines über Vorteile der Verwendung von Graphitelektroden

1. Die Elektro-Graphitelektroden können mit starken Strömen belastet und deshalb in Lichtbogenöfen mit sehr hoher Leistung verwendet werden.
2. Die hohe Strombelastbarkeit der Graphitelektroden gestattet die Wahl von Durchmessern, welche erheblich kleiner sind als die bei Verwendung anderer Elektrodenarten erforderlichen Durchmesser. Dies bietet bei Verwendung von Graphitelektroden folgende Vorteile:
 - a) geringere Gewichte und bessere Handlichkeit;
 - b) leichtere und einfachere Elektrodenfassungen;
 - c) einfachere Elektrodenabdichtungen;
 - d) auch bei hohen Leistungen noch Elektrodenfassungen ohne Wasserkühlung;

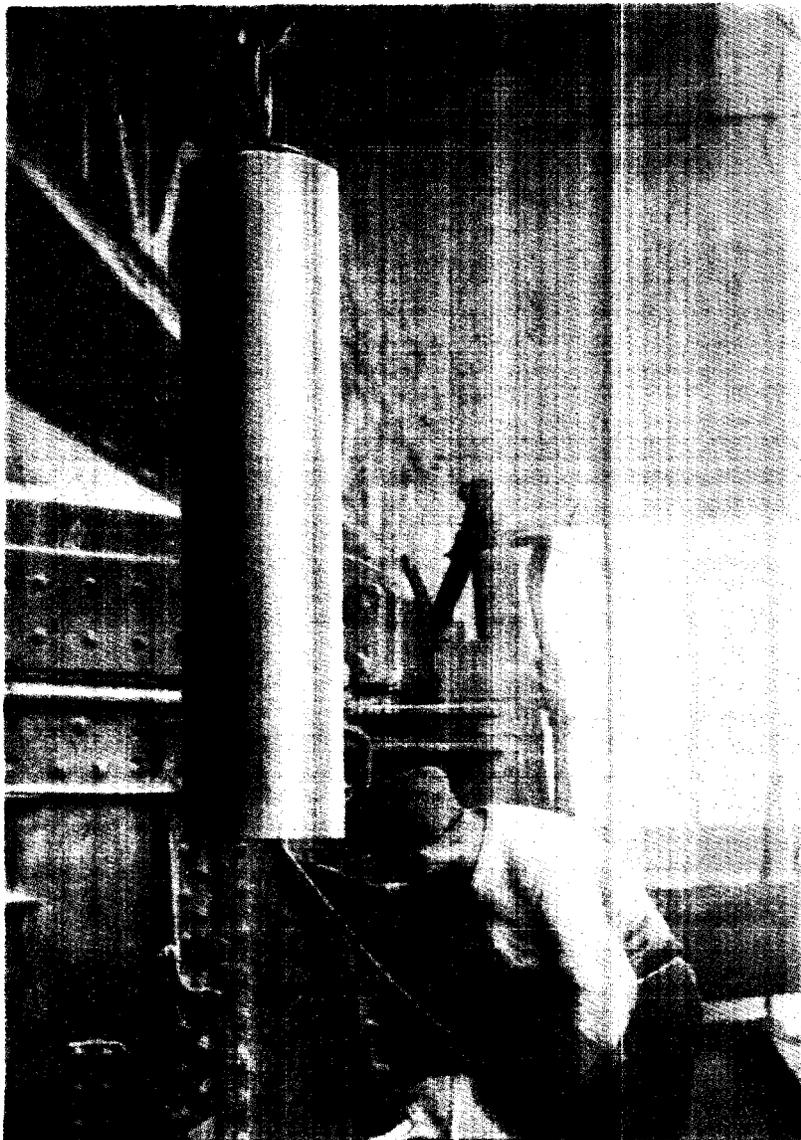


Bild 9. Ausblasen der Nippelschachtel mit Preßluft

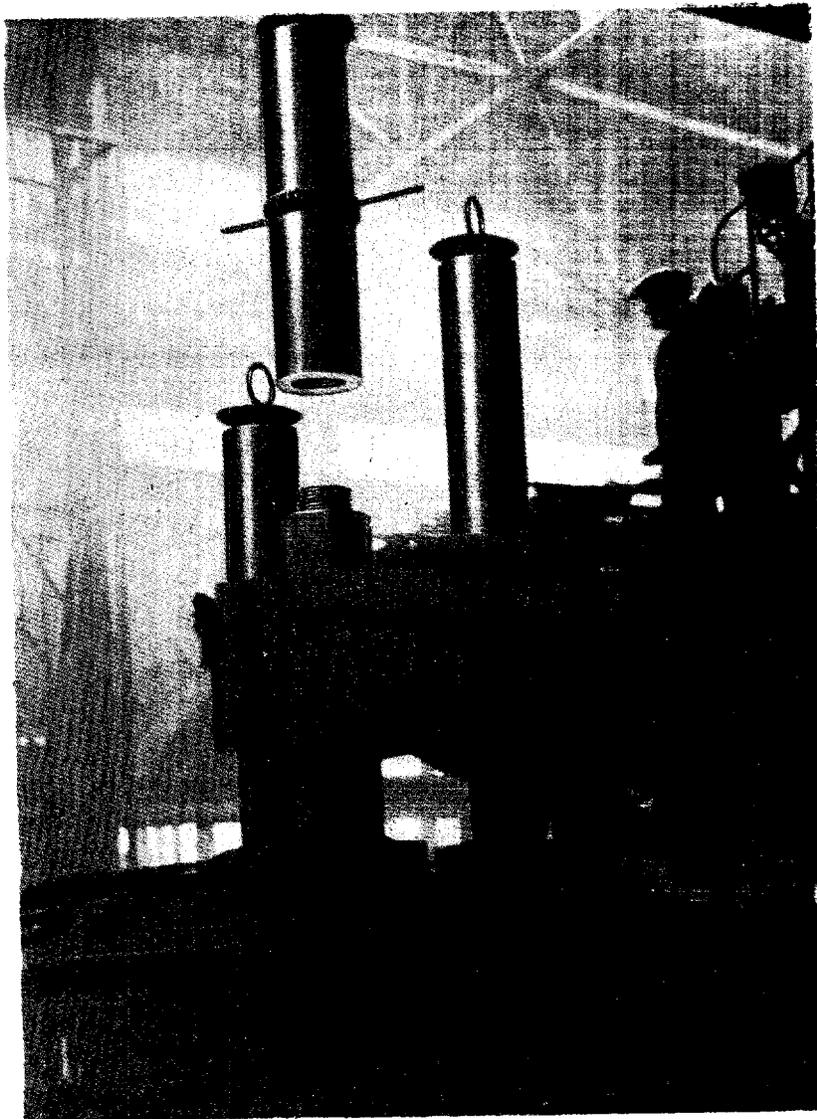


Bild 10. Eine auf den Ofen gehobene Graphitelektrode mit angelegter Elektrodenschelle kurz vor dem Anschrauben an den Elektrodenstrang



Bild 11. Die Graphitelektrode ist mittels der Schelle an den Elektrodenstrang nahezu angeschraubt. Die Verbindungsstelle wird nochmals mit Preßluft gesäubert, bevor die Elektrode aufgeschraubt wird

- e) Schonung der Ofenwände infolge größeren Abstandes zwischen Elektroden und Wand;
 - f) kleinere Durchgangsöffnungen im Ofengewölbe und infolgedessen längere Lebensdauer des Gewölbes.
3. Graphitelektroden lassen sich mit äußerster Genauigkeit bearbeiten. Das bietet folgende Vorteile:
- a) Die Zylinderfläche ist vollkommen glatt, so daß ein guter Stromübergang von Fassung zu Elektrode gewährleistet ist. Lichtbogenbildung zwischen Fassung und Elektrode und dadurch entstehende Ausfressungen an Backen und Elektroden sind ausgeschlossen;
 - b) die Gewinde an Nippel und Nippelschachtel werden auf Bruchteile von Millimetern genau bearbeitet. Das Spiel zwischen den beiden Gewinden ist so gering, daß ein guter Stromübergang gesichert ist.
4. Die große Reinheit des Elektrographits gestattet die einwandfreie Durchführung metallurgischer Prozesse mit großer Genauigkeit und Sicherheit, da die Schmelzen durch die Elektroden nicht verunreinigt werden.
5. Die Elektro-Graphitelektroden besitzen gutes elektrisches Leitvermögen und beginnen erst bei etwa 500° C merklich zu oxydieren.
6. Die Graphitelektroden sind praktisch vollkommen unempfindlich gegen Temperaturschwankungen. Die natürlichen Pausen des Ofenbetriebes während des Beschickens usw. sind daher ohne Einfluß auf die Festigkeit der Elektroden. Es ist deshalb nicht zu befürchten, daß Teilchen von den Elektroden abspringen und eine unerwünschte Aufkohlung des Bades hervorrufen.

Fragebogen

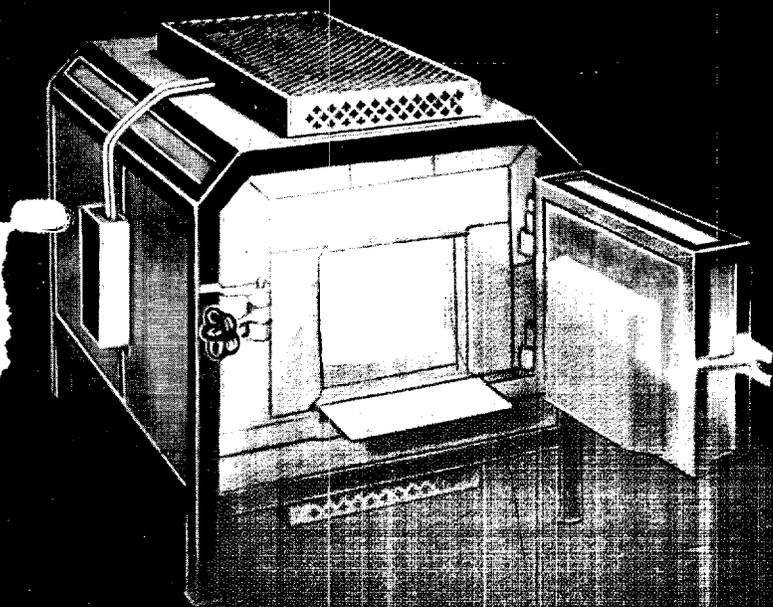
Querschnitt der Elektroden	..... mm X	mm resp.	mm \varnothing
Länge der Elektroden	..... cm		
Wird Bearbeitung verlangt und welche? (Skizze)	..... .....	
Wird Gewindeanstückelung verlangt?	.....	
Stromverbrauch des Ofens	..... kW		
Maximale Stromstärke pro Elektrode	..... Amp.		
Werden die Elektroden einzeln oder in Paketen verwendet?	.....	
Art der Bündelung (Skizze)	.....	
Welches Produkt wird im Ofen hergestellt?	.....	
Wird kontinuierlich oder periodisch gearbeitet?	.....	
Stromart	.....	
Leistungsfaktor	.....	
Spannung (Phasenspannung)	von	bis	
Periodenzahl	.....	
Ofensystem, Erbauer	.....	

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

25X1

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS
PLANIA



Elektroöfen
für
Hochtemperaturen

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

SIEMENS - PLANIAWERKE

BERLIN-LICHTENBERG

Elektrische Hochtemperaturöfen

A U S G A B E 1 9 4 8

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

Inhaltsverzeichnis

Begriffsbestimmungen für Widerstandsöfen	4
Allgemeine Angaben	5
Glühöfen, Härteöfen, Schmelzöfen, Brennöfen	6
Kammeröfen	7
Zusätzliche Ausrüstungen	8
Schaltpulte	8
Kammerofen CB-KO-16	9
Kammerofen CB-KO-14	10
Kammerofen CB-KO-11	11
Kammerofen CB-KO-10	12
Rohröfen	13
Regelwiderstände	15
Kleiner Laboratoriumsofen CB-CSBO-01	16
Rohröfen CB-RO-03, 07 bis 09	17
Rohröfen CB-RO-02, 04 bis 06	18
Spezial-Hochtemperaturöfen mit Schaltanlagen	19
Reserveteile	19
Verpackung und Montage der Silithheizstäbe	19
Fragebogen zum Bestellen von Elektroöfen	20

Begriffsbestimmungen für Widerstandsöfen

Nr.	Begriff	Einheit	Bedeutung
1	Nutzraummaße	mm, m	Der Raum, der äußerst mit Glühgut beschickt werden kann
2	Ofenmaße	mm, m	Die äußeren Maße des eigentlichen Ofenkörpers (Anbauten wie Türwinden, Schaffplatten, Beschickungseinrichtungen sind nicht einbegriffen)
3	Außenhöchstmaße	mm, m	Die äußersten Maße einschließlich der mit dem Ofen fest verbundenen Teile
4	Nenntemperatur	°C	Die Temperatur, für die der Ofen gebaut ist, gemessen mit der zugehörigen Temperaturmeßvorrichtung
5	Wärmebehandlungstemperatur	°C	Die für einen bestimmten Zweck im Arbeitsgut geforderte Temperatur
6	Anheizzeit	h	Die Zeit, die notwendig ist, den leeren, trockenen, geschlossenen Ofen von Raumtemperatur 20°C so weit zu erwärmen, daß die Temperaturmeßvorrichtung die Nenntemperatur erstmalig anzeigt (bei Nennspannung)
7	Heizleistung	kW	Die von den Heizwiderständen des Ofens bei Nennspannung und Nenntemperatur aufgenommene Leistung. Sie ist auf dem Leistungsschild des Ofens angegeben. Antriebsmotoren, Lüftermotoren usw. sind in der Heizleistung nicht einbezogen
8	Nennspannung	V	Die Spannung, für die die Ofenanlage gebaut ist. Bei zugehörigem Transformator gilt die Primärspannung als Nennspannung. Die Sekundärspannung des Transformators ist die Ofenspannung
9	Ofenleerwert	kW kcal.h	Die Heizleistung, die nötig ist, um den leeren, trockenen, geschlossenen Ofen in einem zugfreien Raum von 20°C bei Nenntemperatur im Beharrungszustand zu halten
10	Durchsatz	kg h	Diejenige Menge eines Arbeitsgutes, die in einer bestimmten Zeit (z. B. 1 h) der vorgeschriebenen Wärmebehandlung unterworfen werden kann

Unter den Begriffen für Widerstandsöfen sind vorstehend nur die gebracht, die im Katalog verwandt werden.

I. Allgemeine Angaben

Die Konstruktion der elektrischen Hochtemperaturöfen der Siemens-Planiawerke fußt auf den Ergebnissen neuzeitlicher Technik. Die Öfen werden aus erstklassigem Spezialmaterial angefertigt und zeichnen sich durch besondere Dauerhaftigkeit, Betriebssicherheit, lange Lebensdauer und sparsamen Stromverbrauch aus. Außerdem besitzen sie noch eine Reihe anderer wertvoller Eigenschaften, wie z. B. kurze Anheizzeit, bequeme Handhabung, müheloses Erreichen von 1350° C, reine Ofenatmosphäre usw.

Unser Fabrikationsprogramm umfaßt verschiedene Arten von elektrischen Hochtemperaturöfen, von denen die im weiteren angeführten Kammer- und Rohröfen für fast alle vorkommenden thermischen Laboratoriums- und Betriebsarbeiten verwendbar sind. Bei Sonderwünschen in bezug auf die Konstruktion oder die Nutzmaße der Öfen wird um Anfrage gebeten unter Beifügung des ausgefüllten Fragebogens (siehe Seite 20 des vorliegenden Kataloges). Die Einsendung des Fragebogens empfiehlt sich überhaupt bei allen Bestellungen auf Elektroöfen dann, wenn es dem Besteller schwerfällt, den für ihn am besten geeigneten Normalofen auszuwählen.

Als Heizwiderstände werden in unseren elektrischen Hochtemperaturöfen die bekannten Silithheizwiderstände der Siemens-Planiawerke verwendet. Der Vorteil der Silithheizstäbe liegt in der bequemen Aus- und Einbauart, in der großen Heizleistung, durch die eine beträchtlich verkürzte Anheizzeit erzielt werden kann, und in der großen Lebensdauer, die unter normalen Verhältnissen bis zu 3000 und mehr Arbeitsstunden betragen kann.

Im Glühzustand „altern“ die Silithheizstäbe, was sich darin äußert, daß die Größe ihres elektrischen Widerstandes mit der Zeit zunimmt.

Zur Kompensation der Heizstabilisierung ist es erforderlich, zwischen Netz und Ofen einen Transformator mit Stufenschaltung zu verwenden, der für die Einstellung und das Ausregeln der erforderlichen Temperaturen sowie für die Anpassung an die Netzspannung sowieso notwendig ist. Es

gehört also stets ein Stufentransformator zur Ausrüstung eines jeden Elektroofens mit Silitbeheizung. Nur bei den kleinsten Ofentypen kann bei Vorhandensein von Gleichstrom der Transformator durch einen Regelwiderstand ersetzt werden.

Die Temperaturmessung wird am genauesten und bequemsten mittels eines Thermoelementes mit Platin/Platin-Rhodium-Thermopaar, unter Anwendung eines Präzisions-Temperaturanzeigergerätes durchgeführt. Zum Einführen dieses Thermoelementes sieht die Konstruktion ein Durchführungsrohr am Elektroofen in das Muffelinnere vor. Das Thermo-element gehört zur Ausstattung eines jeden Elektroofens, doch kann wegen des augenblicklichen Edelmetallmangels die Vervollständigung des Thermoelementes mit dem Thermopaar nur dann vorgenommen werden, wenn der Besteller die notwendige Menge Platin- und Platin-Rhodium-Draht von 0.5 mm \varnothing oder eine gewisse Menge Altplatin zur Verfügung stellt.

II. Glühöfen, Härteöfen, Schmelzöfen, Brennöfen

Diese Öfen sind mit Silitheizkörpern und Stufentransformatoren ausgestattet und werden gebaut als:

Kammeröfen	Modell CB-KO
Doppelkammeröfen	Modell CB-DKO
Rohröfen	Modell CB-RO
Tunnelöfen	Modell CB-TuO

Allgemeine Bauausführung:

Die Muffeln dieser Öfen bestehen aus bester hochfeuerfester Spezialschamotte und sind aus mehreren Teilen zusammengesetzt. Die Siliciumheizstäbe sind so in der Muffel untergebracht, daß sie die Wärme frei in den Heizraum ausstrahlen können, aber gleichzeitig vor Stoß gesichert sind. Die aus den Wandungen herausragenden Anschlußenden der Heizstäbe werden durch perforierte Schutzkappen gegen Berührung gesichert. Diese Schutzkappen sind leicht abnehmbar und damit die Stäbe zum Auswechseln gut zugänglich.

Vor der Beschickungsöffnung ist eine Abstellplatte angebracht.

Der Ofen selbst ruht auf einem stabilen Fußgestell.

Kammeröfen, Modell CB-KO

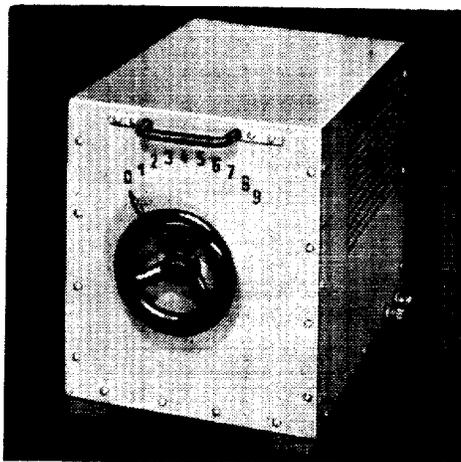
Nenntemperatur 1350° C

Lfd. Nr.	Modell	Nutzraummaße mm			Außenmaße mm			Heizleistg. kW	Gew. kg	Siliciumheizstäbe	
		Breite	Höhe	Tiefe	Breite	Höhe	Tiefe			Anzahl	Type
1	CB-KO 16	60	40	180	300	305	420	2	22	3	8×180 (110)
2	CB-KO 14	150	100	250	470	475	600	4	62	7	8×150 (150)
3	CB-KO 11	200	180	500	580	690	830	8	130	12	8×180 (150)
4	CB-KO 10	280	300	600	1050	1680	1065	25		12	18×300 (350)

Zusätzliche Ausrüstungen

Zur vollständigen Ofenanlage gehören die Regeleinrichtungen, Transformator, Stufenschalter und die Temperaturmeßgeräte, welche am besten komplett in ein Schaltpult eingebaut werden. Bei Öfen, die Transformator und Stufenschalter im Fußgestell eingebaut haben (z. B. CB-KO 10), ist an Stelle des Schaltpultes eine Schalttafel für Wandmontage lieferbar.

Leitungen, Sicherungsstöpsel und sonstiges Anschlußmaterial gehören nicht zur listenmäßigen Ausstattung des Ofens und können auch nicht geliefert werden.



**Stufen-
Transformator
Trf. 13**

(1 : 7,5)

Schaltpulte

Lfd. Nr.	Modell	Außenmaße mm			Netzspannung und Stromart		Gewicht kg*)	Geeignet für Ofenmodell
		Breite	Höhe	Tiefe	Volt	50 Per/s		
1	EP 1	360	455	665	220	Wechselstrom		CB-KO-16
2	EP 2	510	575	640	220	Wechselstrom		CB-KO-14
3	DP 3	640	575	800	380/220	Drehstrom		CB-KO-11
4	DPw 4	750	750	210	380/220	Drehstrom		CB-KO-10

*) Gewichte einschließlich Transformator, Stufenschalter, Schütze, Instrumente, Sicherungen usw.

Kammerofen CB-KO-16

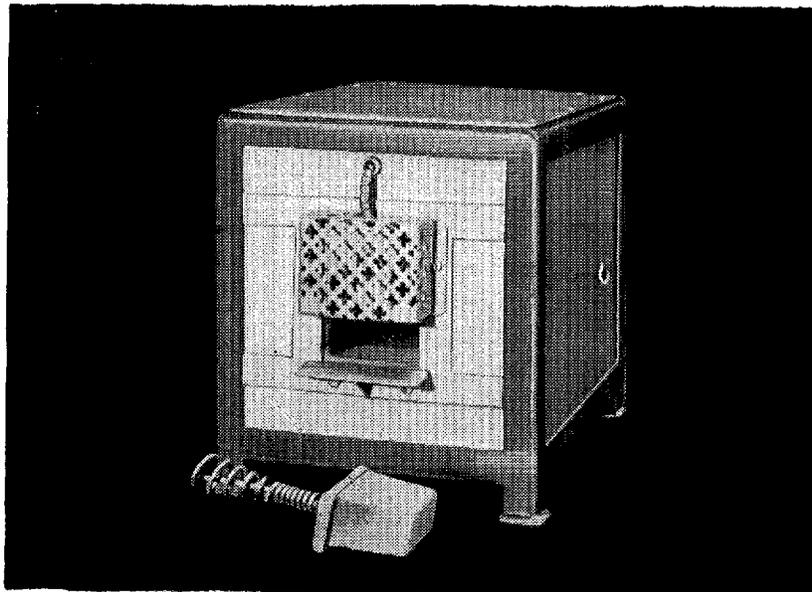
Bestimmung

Kleiner Laboratoriumsofen für die Materialprüfung für Glüh- und Verschungsanalysen, zum Brennen und Glasieren kleiner keramischer Teile, darunter auch der zahnärztlichen. In der Werkstatt dient der Ofen für alle Arten der thermischen Behandlung kleiner Teile.

Konstruktion

Die Siliciumstäbe sind im oberen Teil der Muffel horizontal über dem Arbeitsraum angebracht. Die Muffel hat eine derartige Form, daß beim Öffnen der Tür in der Kammer ein gewisses „Wärmepolster“ zurückbleibt, welches eine verhältnismäßig rasche Wiederherstellung der Arbeitstemperatur ermöglicht. Der Verschluß der Muffelöffnung erfolgt durch einen Türstein, der mit einem Griff versehen ist.

Der Ofen ermöglicht mehrstündigen Betrieb bei 1350° C, doch ist seine Wärmeisolation für die Verhältnisse intermittierender Arbeitsweise berechnet und nicht für einen ununterbrochenen Dauerbetrieb.



(1 : 6,5)

Kammerofen CB-KO-14

Bestimmung

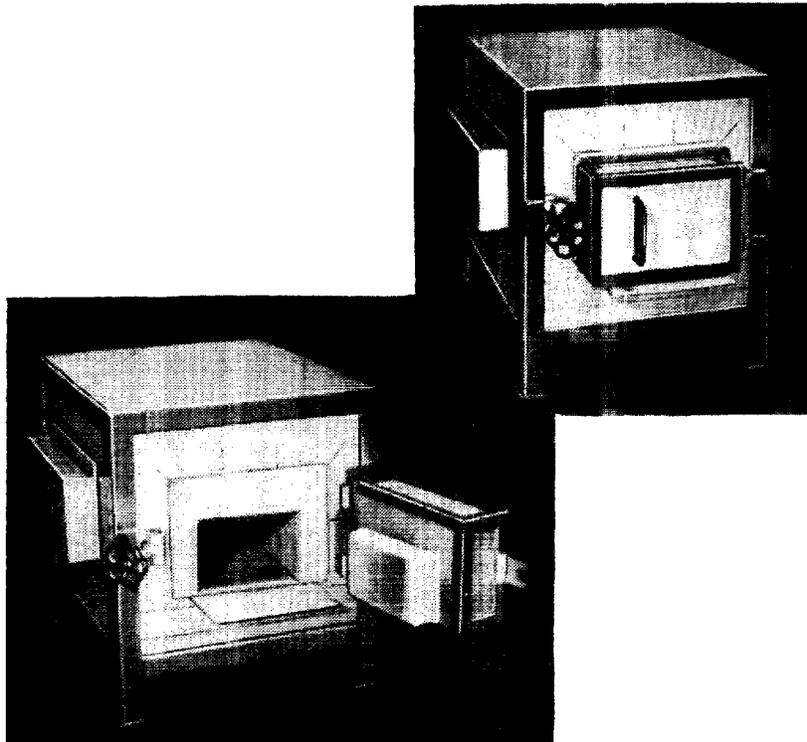
Universalofen sowohl für das Laboratorium als auch für die Werkstatt.

Konstruktion

Die Silotheizstäbe sind horizontal im oberen Teil der Muffel angeordnet, von wo aus sie frei in den Arbeitsraum strahlen.

Die Muffelöffnung wird durch eine Flügeltür geschlossen, die mit Hilfe eines Handrades dicht angezogen werden kann.

Der Ofen ist für wirtschaftlichen Dauerbetrieb bei 1350° C während vieler Stunden vorgesehen. Die Belastung der Silotheizstäbe ist so bemessen, daß mit einer hohen Lebensdauer eines Stabsatzes gerechnet werden kann.



(1 : 11)

Kammerofen CB-KO-11

Bestimmung

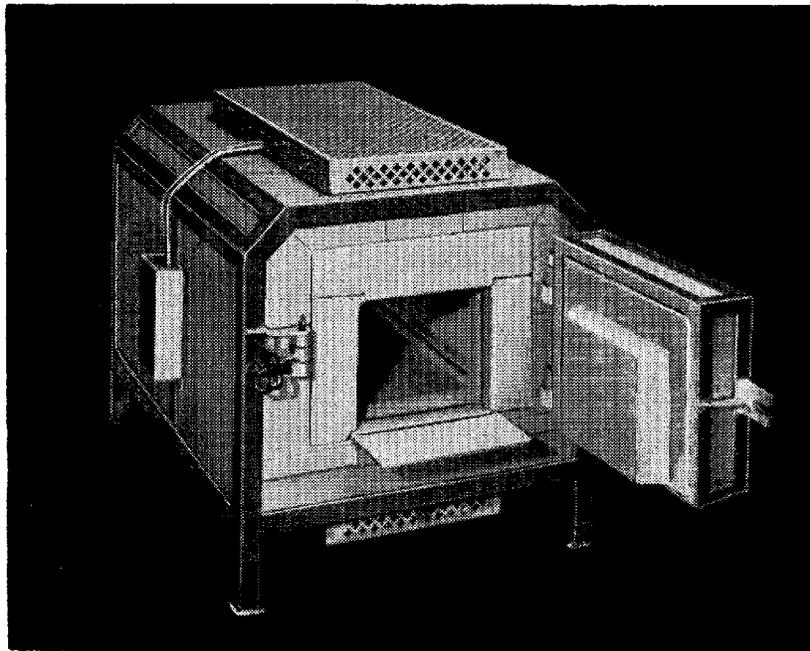
Werkstattofen für die thermische Behandlung von Metallen, zum Emaillieren und zum Brennen von keramischen Teilen. Auch für größere Arbeiten im Laboratorium.

Konstruktion

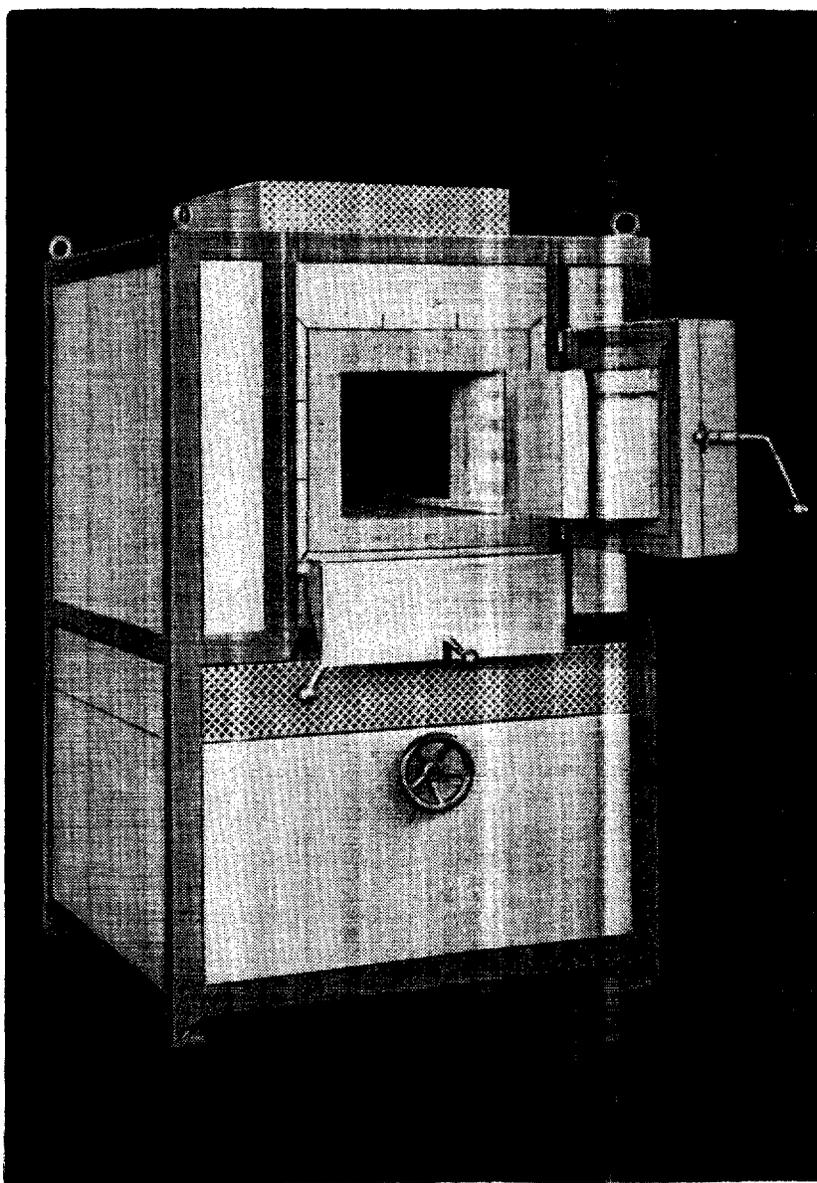
Die Bodenplatten sind an beiden Seiten mit Rippen versehen, die die Geradeführung des Einsatzgutes und damit den Schutz der Heizstäbe gegen Stoß übernehmen.

Die Silotheizstäbe sind senkrecht an beiden Seiten der Muffel angeordnet. Der Abschluß der Kammeröffnung wird durch eine ebenfalls gut wärmeisolierte Flügeltür, die mittels Handrad dicht schließend angezogen werden kann, durchgeführt.

Der Ofen ermöglicht einen wirtschaftlichen Dauerbetrieb über viele Stunden bei 1350° C.



(1 : 12)



(1 : 15)

Kammerofen CB-KO-10

Kammerofen CB-KO-10

Bestimmung

Werkstattofen zum Glühen, Härten, Vergüten von Metallteilen, zum Glasieren und Brennen von keramischen Erzeugnissen.

Bauart

Die Silotheizstäbe sind an den Seitenwänden der Muffel freistrahrend angeordnet. Die Ofentür ist aufklappbar mit Hebelverschluß. Die Schaffplatte kann nach Öffnen der Tür durch Hebelgriff in die richtige Beschickungshöhe gebracht werden.

Auf Grund der Freistrahlungsbeheizung und der guten Wärmeisolierung ergibt sich ein sehr hoher Wirkungsgrad des Ofens.

Der Ofen ist für Dauerbetrieb mit 1350° C gebaut, läßt aber auch Betrieb mit 1000° C einstellen.

Rohröfen für Laboratorium und Werkstatt

für 1350° C

Die Rohröfen werden mit waagrecht liegendem Arbeitsrohr von vier verschiedenen Durchmessern ausgeführt. Die um den Umfang des Arbeitsrohres angeordneten Silotheizstäbe sind von einem Schamotterrohr großen Durchmessers umschlossen. Letzteres ist sorgfältig wärmeisoliert. Der äußere Ofenkörper ist mit Aluminiumblech umkleidet. Die an den Stirnseiten herausragenden Heizstabsköpfe werden gegen Stoß oder Berührung durch perforierte Kappen geschützt. Zum Austausch der Heizstäbe sind die Kappen durch eine kurze Drehung leicht abnehmbar. Vom Außenmantel des Ofens führt in das Innere der Rohrmuffel ein Rohr zur Durchführung des Thermoelementes.

Der Ofen ruht auf einem stabilen Fußgestell. Die Erdungsschraube am Fußgestell ist stets mit einer Erdleitung zu verbinden, damit der Ofen berührungssicher gegen elektrische Spannungen ist.

Der Netzanschluß aller Rohröfen der Modelle CB-RO-02 bis CB-RO-09 erfolgt an 220 oder 380 V Drehstrom über einen Stufentransformator zur Ausregelung der Temperaturen und zur Kompensation der Alterung der Silotheizstäbe.

**Rohröfen Modelle CB-CSBO-01 und CB-RO-02 bis 09
für 1350° C**

Lfd. Nr.	Modell	Maße des Arbeitsrohres			Heizleistung, in kW für 1350° C	Gewicht, kg	Silftheizstäbe	
		Innen-/Außen-Durchm., mm	Beheizte Rohrlänge, mm	Gesamtlänge, mm			Anzahl, Stück	Type *) mm
1	CB-CSBO-01	18/23	180	500	2	4,6	3	8×180 (60)
2	CB-RO-02	20/30	600	1200	9-13,5	190	6	18×600 (150)
3	CB-RO-04	30/40	600	1200	9-13,5	190	6	18×600 (150)
4	CB-RO-05	40/50	600	1200	9-13,5	190	6	18×600 (150)
5	CB-RO-06	50/65	600	1200	9-13,5	190	6	18×600 (150)
6	CB-RO-03	20/30	300	900	9	110	6	14×300 (150)
7	CB-RO-07	30/40	300	900	9	110	6	14×300 (150)
8	CB-RO-08	40/50	300	900	9	110	6	14×300 (150)
9	CB-RO-09	50/65	300	900	9	110	6	14×300 (150)

*) Durchmesser und Länge des Glühstückes, in Klammern die Länge des verdickten Endes.

Zusätzliche Ausrüstungen

Wie bereits auf Seite 8 erläutert, werden Regel- und Meßgeräte anschlussfertig in einem Schaltpult vereinigt. Für vorgenannte Rohröfen kommen in Betracht:

Schaltpulte

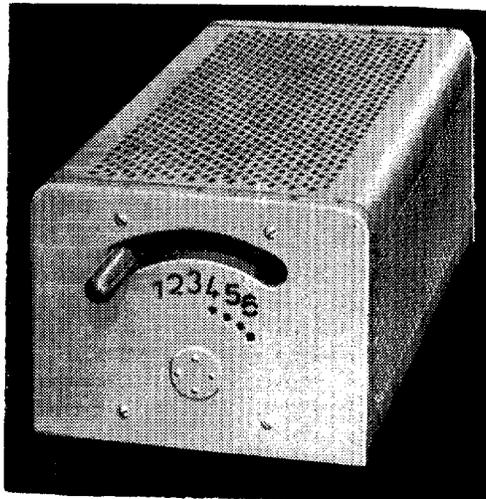
Lfd. Nr.	Modell	Außenmaße	Netzspannung und Stromart		Gewichte, kg	Geeignet für
			Voll	50 Per S.		
1	EP1	360×455×665	220	Wechselstrom		CB-CSBO-01
2	DP3	640×575×800	380/220	Drehstrom		CB-RO-02, 04-06
3	DP3	640×575×800	380/220	Drehstrom		CB-RO-03-07-09

*) Gewichte einschließlich Transformator, Stüttschalter, Schütze, Instrumente, Sicherungen usw.

Für den kleinen Laboratoriumsofen CB-CSBO-01 muß zum Anschluß an Gleichstromnetze 220 V ein Regulierwiderstand in den Stromkreis eingeschaltet werden. Mit Rücksicht auf kleine Dimensionen und kleine elektrische Verluste dieses Regelwiderstandes kann die ausgleichbare Alterungsreserve diesfalls nur etwa 33 % betragen.

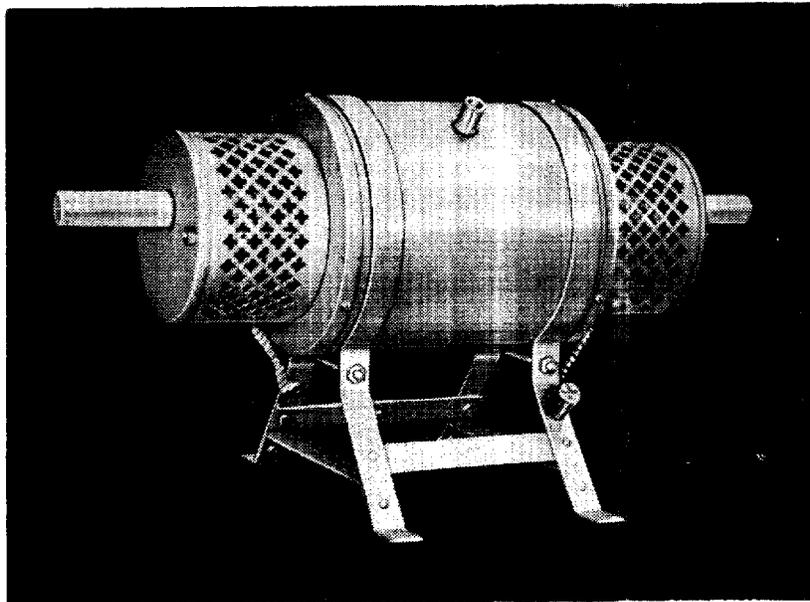
Regelwiderstände

Lfd. Nr.	Modell	Außenmaße mm	Netzspannung und Stromart Volt	Gewicht kg	Geeignet für
1	Rw 15	255×214×515	220	Gleich- und Wechselstrom	CB-CSBO und CB-KO-16
2	Rw 16	235×165×340	220	Gleich- und Wechselstrom	CB-CSBO und CB-KO-16



(1 : 6)

Regelwiderstand RM 15



(1 : 4,5)

Kleiner Laboratoriumsofen CB-CSBO-01

Bestimmung

Spezialofen für Laboratoriumsanalysen, in der Hauptsache zur raschen Bestimmung von Kohlenstoff- und Schwefelgehalt.

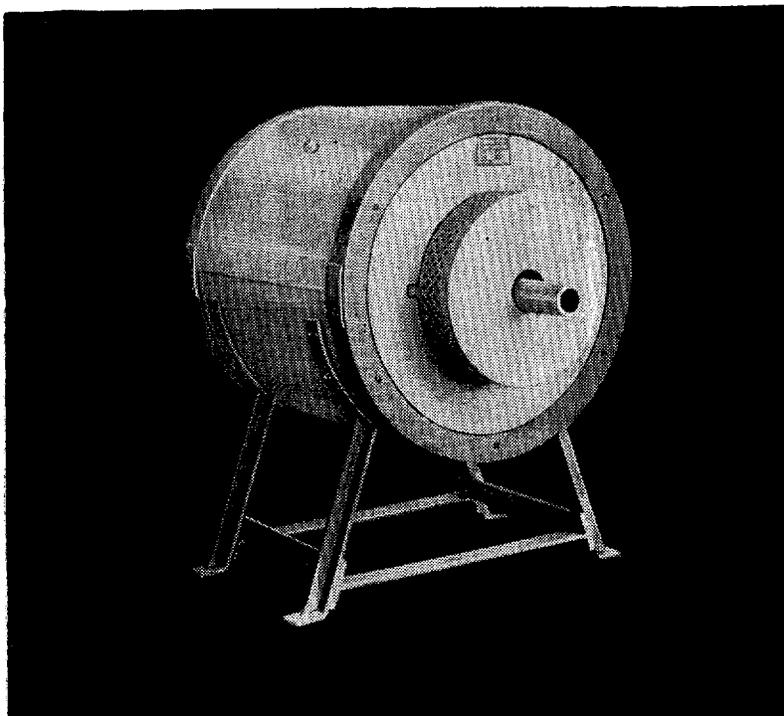
Bauart

Der Ofen CB-CSBO-01 ist ausschließlich für intermittierenden Betrieb vorgesehen, d. h. der Ofen wird bis zur maximalen Arbeitstemperatur von 1350° C erwärmt, was bei der Leistung von 2 kW bereits in 15 bis 20 Minuten erreicht werden kann, woraufhin der Ofen nach einer kurzen Zeit ausgeschaltet wird und abkühlt. Zur Aufrechterhaltung der Nenntemperatur genügt im Mittel bereits eine Leistung von 1,3 kW.

Ofenhöhe ca. 200 mm
Fußbreite ca. 250 mm

Netzanschluß

Wechselstrom oder Gleichstrom zu 220 V. Im ersteren Fall ist in den Stromkreis ein Transformator vom Typ Trf 13, im anderen ein Regulierwiderstand vom Typ RW 15 oder RW 16 einzuschalten.



(1 : 12)

Rohröfen CB-RO-03, 07 bis 09

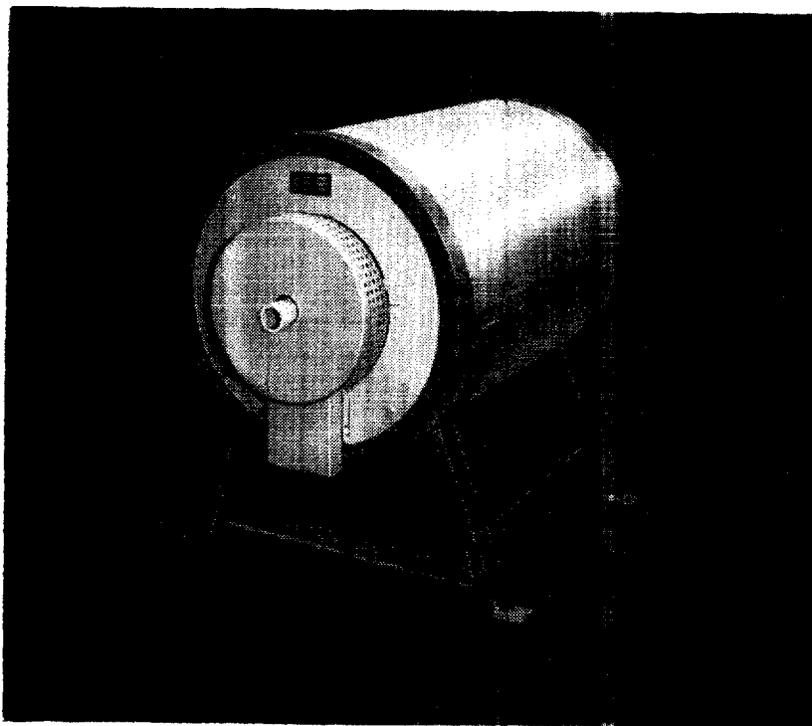
Bestimmung

Glühen, Härten, Zementieren und andere Arten der thermischen Behandlung von Drähten und Bändern, Haltepunktbestimmungen, Eichung von Thermoelementen, Gaserhitzungen, Analysen usw.

Bauart

Außendurchmesser	ca. 560 mm
Außenlänge	ca. 510 mm
Länge zwischen den Rohrenden	ca. 900 mm
Ofenhöhe	ca. 800 mm
Fußbreite	ca. 700 mm

Arbeitsrohrdurchmesser nach Wahl von 20/30 bis 50/65 mm ausführbar nach Seite 13. Die beheizte Rohrlänge beträgt 300 mm.



(1 : 12)

Rohröfen CB-RO-02, 04 bis 06

Bestimmung

Wie zuvor bei den Modellen CB-RO-03

Bauart

Außendurchmesser	ca. 560 mm
Außenlänge	ca. 810 mm
Länge zwischen den Rohrenden	ca. 1200 mm
Ofenhöhe	ca. 800 mm
Fußbreite	ca. 700 mm

Arbeitsrohrdurchmesser nach Wahl von 20,30 bis 50,65 mm ausführbar
nach Seite 13. Die beheizte Rohrlänge beträgt 600 mm.
Schaltpult auf Seite 13.

Spezialöfen für 1380 ° C

1. Einkanal-Tunnelöfen zum Brennen von Kleinkeramik,
2. Zweikanal-Tunnelöfen zum Brennen von Keramikteilen,
3. Wagen-Tunnelöfen zum Brennen von keramischen Teilen,
4. Elektroden-Salzbädöfen,
5. Doppelkammeröfen
mit Schaltanlagen.

Reserveteile

Für den Fall des Bruches eines Silotheizstabes beim Transport, Auspacken oder bei der Montage wird der Lieferung ein Reservestab beigegeben.

Im Falle eines notwendig gewordenen Austausches eines verbrauchten Heizstabes gegen einen neuen empfiehlt es sich, nicht den einzelnen Stab, sondern gleich den ganzen Satz auszuwechseln. Das ist besonders wichtig bei Serienschaltung der Heizstäbe, die meist bei Gleichstromanschluß und Verwendung eines Regulierwiderstandes an Stelle des Transformators notwendig wird.

Reservesätze von Silotheizstäben, Reservearbeitsrohre und sonstige Reserveteile sind gesondert zu bestellen.

Verpackung und Montage der Silotheizstäbe

Im Hinblick auf ihre Bruchempfindlichkeit werden die Silotheizstäbe getrennt verpackt und der Besteller muß sie selber in den Ofen einbauen. Das ist nicht weiter schwierig, wenn man die mitgegebenen Arbeitsanweisungen für die kleinen Ofentypen bzw. die bei den großen Ofentypen mitgelieferten Montageanweisungen zu Rate zieht.

Beim Auspacken der Silotheizstäbe ist der Heizstab zuerst vorsichtig auf etwa 2 cm aus seiner Umhüllung in Richtung des auf derselben angegebenen Pfeiles herauszudrücken, wonach man das so befreite Stabende anfaßt und den Stab entgegen dem Uhrzeigersinne langsam herausdreht.

F R A G E B O G E N
für Elektroofen-Bestellung

1. Art des Ofens?
 - a) Kammerofen, Doppelkammerofen
 - b) Rohrofen
 - c) Tiegelofen
 - d) Tunnelofen
 - e) Salzbadofen
 - f) mit Luftumwälzung
2. Welchem Zweck dient der Ofen?
(Glühen, Härten, Schmelzen, Brennen)
3. Art des Einsatzgutes? (Metall, Keramik usw.)
4. Gewicht des Einsatzgutes
Durchsatz in einer Stunde in kg/Std.
5. Betriebstemperatur des Ofens C
6. Sind die Innenmaße des Tiegels oder der Kammer vorgeschrieben?
 - a) Breite × Höhe × Tiefe mm
 - b) Durchmesser des Tiegels innen/außen mm
 - c) Durchmesser des Glühröhres innen/außen mm
7. Bei Tunnelöfen mit Vorwärme- und Abkühlzone ist die Betriebstemperatur der Vorwärzone in C und die Dauer der Vorwärmung in Minuten bzw. in Stunden anzugeben, sowie die Dauer in der Hochtemperaturzone und die Ausfahrttemperatur.
8. Vorhandene Stromart und Netzspannung
 - a) Gleichstrom Volt
 - b) Wechselstrom Volt
 - c) Drehstrom Volt
9. Soll der Ofen dauernd oder intermittierend arbeiten?
10. Besondere Mitteilungen und Bemerkungen
(Anheizzeit, Schutzgas usw.)

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5

25X1

Next 2 Page(s) In Document Exempt

Approved For Release 2005/12/24 : CIA-RDP83-00415R001900040001-5